

# 하이브리드 로켓 자동점화를 위한 다단촉매점화기에 관한 연구

최우주\* · 김진철\* · 권민찬\*\* · 유영준\*\* · 김태규\*†

## A Study on Multi-Stage Catalytic Ignitor for Hybrid Rocket Auto Ignition

Woojoo Choi\* · Jincheol Kim\* · Minchan Kwon\*\* · Yeongjun Yoo\*\* · Taegy Kim\*†

### ABSTRACT

The multi-stage catalytic igniter for hybrid rocket auto ignition is described in this paper. After charging the catalyst and pre-heating the first stage, the N<sub>2</sub>O was supplied at the first stage with the low mass flow rate, and then the N<sub>2</sub>O with the high flow rate was supplied into the second stage. Even though the N<sub>2</sub>O flow rate was high, it was decomposed by supplying the high temperature gas which was evolved from the N<sub>2</sub>O decomposition in the first stage. This multi-stage ignitor resulted in the decrease of the ignition time in comparison with the previous ignitor, and confirmed the possibility of N<sub>2</sub>O decomposition with the high flow rate using the multi-stage catalytic-ignition system.

### 초 록

본 논문에서는 하이브리드 로켓의 자동점화를 위한 다단 방식의 촉매점화시스템에 관한 연구를 수행하였다. 다단 촉매점화기의 열분해 성능을 평가하기 위해 1단 점화기에 촉매를 충전하여 예열 후, 1단 점화기와 2단 점화기에 각각 저유량과 고유량을 공급하여 실험을 진행하였다. 이때 저유량의 N<sub>2</sub>O가스를 분해하여 생성된 고온의 가스로 고유량의 N<sub>2</sub>O가스를 분해하였다. 실험 결과 기존 점화기보다 점화시간이 감소되었다. 또한 1단 점화기에서 분해된 가스를 이용하여 2단 점화기에 공급된 고유량 N<sub>2</sub>O가스의 분해 가능성을 확인하였다.

Key Words: Catalytic ignition system(촉매 점화시스템), pyrolysis(열분해), Multi-stage catalytic igniter(다단촉매점화기)

### 1. 서 론

\* 조선대학교 항공우주공학과

\*\* 국방과학연구소

† 교신저자, E-mail: taegy@chosun.ac.kr

하이브리드 로켓은 기본적으로 산화제와 추진제가 별개의 상태로 저장되는 구조로 되어 있다.

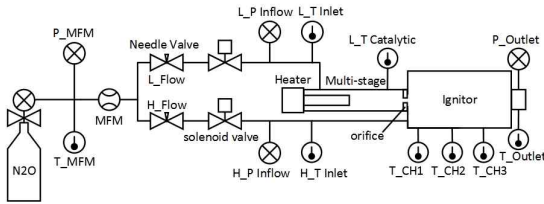


Fig. 1 schematic of multi-stage catalytic igniter

하이브리드 로켓은 대부분  $H_2O_2$ ,  $LO_x$ ,  $N_2O$  등의 액체 산화제와 PE, PMMA, HTPB 등과 같은 고체 추진제를 조합하여 사용되어지고 있다.[1] 하이브리드 로켓은 기존 개발된 추진 체계와 달리 고체 및 액체 로켓 대비 비추력과 밀도비추력이 우수하다. 또한 취급이 용이하고 보관성이 안정적이라는 장점이 있다.[2]

하이브리드 로켓의 점화방식에는 주로 프로판 등 기체 연료를 주입한 후 스파크를 통해 점화하거나, 고체 그레이н 입구에 부착된 점화제를 연소시켜 점화하는 방식을 사용한다. 하지만 스파크 점화방식은 점화 직후 압력섭동으로 인해 소멸되는 현상이 있으며, 점화제 방식은 재점화가 어려운 문제가 있다. [3]

본 논문에서는 촉매를 사용하여 산화제인  $N_2O$ 의 분해를 통해 고온의 가스를 고체 그레이н에 공급하여 점화하는  $N_2O$  촉매점화시스템을 채택하였다.[2] 특히 기존 촉매점화기의 긴 예열 시간을 단축하기 위해서 본 논문에서는 촉매 분해를 이용하여 저유량의  $N_2O$ 가스로 고유량의  $N_2O$ 가스를 분해하는 다단점화 방식의 점화기 열분해 성능 평가를 하였다. 이를 토대로 저유량으로 분해된 고온의 가스를 통해 고유량의  $N_2O$ 가스의 분해 가능성에 대해 연구 및 시스템 설계를 수행하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 다단 촉매점화기 시스템 구축

다단 촉매점화 시스템의 성능평가를 위한 실험 장비를 구축하였다. Fig. 1은 다단 촉매점화기의 실험장치구성을 나타내고 있다. 실험 진행

을 위해 다단 촉매점화기의  $N_2O$ 분해에 따른

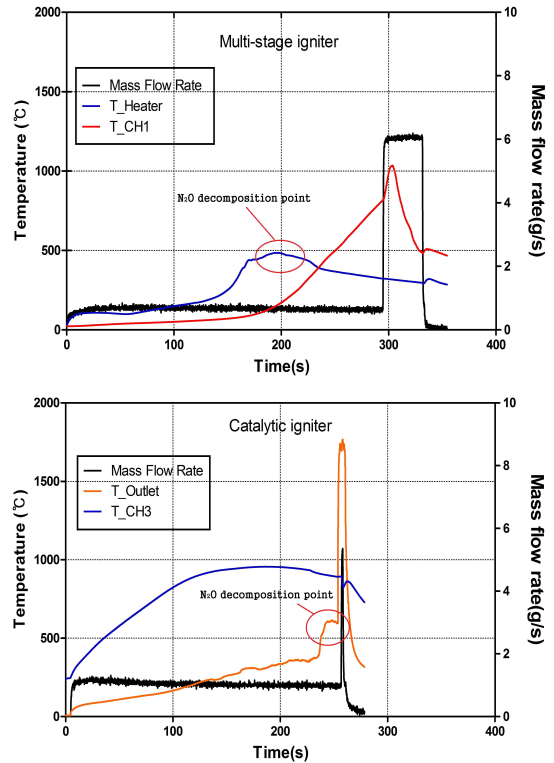


Fig. 1 Ignition profile of the multi-stage igniter and the heat exchange igniter

촉매베드와 챔버 내부의 온도 및 압력 데이터 확보를 위해 온도 센서와 압력 센서를 부착하였다. 또한 유량을 제한하기 위하여 직경 1mm의 Orifice를 장착하였다.

$N_2O$ 가스의 분해를 촉진시키기 위해 반응성이 높은 Ru 촉매를 사용하였으며, 지지체로 열적 안정성이 우수한  $\gamma-Al_2O_3$ 를 사용하여  $N_2O$ 가스의 활성화 에너지를 낮추었다.[3]

### 2.2 다단 촉매점화기 실험

본 실험을 위해 1단 점화기에 6.5g의 촉매를 넣고 점화기 챔버 내부에는 열확산을 위한  $\gamma-Al_2O_3$ 만을 채우고 실험을 진행하였다.  $N_2O$ 가스는 공급압력 30 bar의 조건에서 저유량(0.5 g/s)과 고유량(6.0 g/s)으로 분사하였다.[3]

$N_2O$ 가스의 분해를 위해 220V/400W의 히터를

사용하여 1단 점화기 내부의 촉매를 예열하였다. 그 후 예열된 촉매에 저유량의  $N_2O$  가스를 공급하여 1단 점화기에서 2단 점화기로  $N_2O$  열분해 온도 이상의 공급되었을 때, 고유량의  $N_2O$  가스를 공급하였다.

### 2.3 다단 촉매점화기 실험 결과

기존 점화기의 메커니즘을 토대로 다단 촉매 점화기의 열분해 성능을 평가하기 위한 실험을 진행하였다. Fig. 2에서 보이는 바와 같이 1단 점화기에서  $500^\circ C$  이상으로 저유량의  $N_2O$  가스가 분해되었다. 이후 1단 점화기에서 공급된 고온의 분해가스를 통해 2단 점화기에 공급된 고유량의  $N_2O$  가스가 분해되어 온도가 대폭 상승하였다는 걸 확인할 수 있다.

자연 점화가 시작되는 시점부터  $N_2O$ 가 분해되면서 고유량을 분사하였을 때 온도가  $900^\circ C$ 에서  $1033^\circ C$  까지 급격하게 증가하였다. 또한 Fig. 3에서 보이는 바와 같이 열교환 방식의 점화기보다 점화시간이 단축된 것을 확인할 수 있다.

## 3. 결 론

본 논문에서는 산화제인  $N_2O$  가스를 저유량으로 공급하여 촉매 분해 시 발생하는 고온의 가스를 이용하여 고유량의 가스를 분해시키는 다

단 촉매점화시스템을 설계하였다. 단순 열분해 현상 확인을 위해 1단 점화기에만 촉매를 충전하였다. 그 후 1단 점화기에서 생성된 고온의 분해가스를 2단 점화기에 공급하여 고유량의  $N_2O$  가스의 분해가 이루어지는 것을 확인하였다. 본 연구 결과를 토대로 1, 2단 점화기 전체에 촉매를 충전하여 점화기 예열시간 단축 및 점화시간을 감소시킬 수 있을 것으로 예상된다.

본 연구에서는 다단 촉매점화시스템의  $N_2O$  열분해 성능평가와 저유량의  $N_2O$  가스로 고유량의  $N_2O$  가스를 분해할 수 있는지에 대해 실험하였다. 실험결과를 토대로 다양한 환경조건에서의 실험을 진행하여 최적화를 통해 점화시간 단축과 안정화를 위한 연구를 진행할 계획이다.

## 참 고 문 헌

- 1 김진철, 이성문, 권민찬, 유영준, 김태규 "N<sub>2</sub>O 하이브리드 로켓을 위한 촉매점화기술 연구", 한국추진공학회 2016년도 추계학술대회 논문집 pp.616~618
- 2 권민찬, 허환일, A.J., "하이브리드 로켓의\_개념 소개 및 연구개발 동향 분석 I", 한국항공우주학회지 30(3), 2002.4, 146-154.
- 3 김태규, "N<sub>2</sub>O 추진제 촉매 점화기 개발", 한국항공우주학회 학술발표회 논문집, 2010.11, 1211-1214