

파이로스타터용 점화기 개발

박호준* · 홍문근* · 권미라** · 이수용*

Development of an Igniter for Pyrostarters

Ho Jun Park* · Moongeun Hong* · Mira kwon** · Soo Yong Lee*

ABSTRACT

A pyrostarter is a sort of gas generator, which supplies the energy to drive turbines by the combustion gas of a solid propellant charged internally. The igniter of the pyrostarter should guarantee the ignition reliability especially for the solid propellant with a low fame temperature. For the development of the igniter, several closed bomb testes have been performed to decide several design parameters to get a sufficient chamber pressure build-up for the ignition. Moreover, as a result of the firing testes with pyrostarters, the ignition reliability have been verified and the amount of igniter propellants has been reviewed.

초 록

파이로스타터는 일종의 가스발생기로써, 내부에 충전되는 저온 고체 추진제의 연소가스를 통해 시동에 필요한 에너지를 터빈에 공급한다. 파이로스타터의 연소관에 충전된 저온 고체추진제를 연소시키기 위한 초기 에너지를 공급해 주기 위해서는 파이로스타터 및 고체추진제의 특성과 형상에 맞는 점화기 설계가 필요하다. 이에 C.B.T 시험을 수행하여 초기 연소실 내부의 충분한 압력 증가를 확보할 수 있는 점화기의 주요 설계 인자를 결정하였다. 파이로스타터의 연계연소시험을 통해 신뢰성 있는 점화 특성을 확인하였고, 점화장약 충전량에 대한 간단한 해석을 수행하였다.

Key Words: Pyrostarter(파이로스타터), Igniter(점화기), Solid propellant gas generator (고체추진제 가스발생기)

1. 서 론

액체추진제 로켓 시스템에서는 추진제 공급을

위해서 터빈으로 구동하는 펌프를 사용한다, 터빈을 구동하기 위해서는 엔진의 효율성 증진을 위해 고온가스가 유리하며, 엔진 시동 시 사용하는 터빈 구동기도 1초 내외의 짧은 시간동안 고온/고압의 가스를 사용하는 것이 효과적이므로 고체 추진제 가스발생기, 즉 파이로스타터를 많이 사용하고 있다[1]. 점화기는 추진기관 내부공

* 한국항공우주연구원 발사체미래기술팀

** (주)한화/화학 종합연구소

연락처, E-mail: kerojun@xmail.kari.re.kr

간에 점화제의 연소에 의한 열에너지를 공급하여 추진기관 내부의 초기압력을 상승시키고 추진제 표면의 점화온도까지 도달시켜 주 추진제 표면의 점화온도까지 도달시켜 추진제의 연소가 시작되도록 하는 에너지 전달기구이다. 파이로스타터는 터빈의 초기 구동을 위해 고온/고압의 가스를 공급하는데 터빈 블레이드 재질의 열충격 및 이에 따른 재질 파손을 피하기 위해 일반적으로 낮은 연소온도가 요구되며 유해 배출가스 성분량에 대해서도 제한을 받는다. 따라서 파이로스타터의 연소관에 충전된 추진제의 점화에 필요한 초기 에너지를 공급하기 위해서는 파이로스타터 및 충전 추진제의 특성과 형상에 맞는 점화장치의 개발이 필요하다[2,3,4]

본 논문 2장에서는 파이로스타터의 특성과 시스템 관련 사항, 환경조건을 고려하여 설계 및 제작한 점화기를 소개하고, 3장에서는 점화기 연소 성능시험 및 파이로스타터 적용 시험을 소개하고 마지막으로 4장에서는 결론 및 향후 계획을 정리하도록 한다.

2. 점화기 설계 및 제작

2.1 점화기 설계

파이로스타터용 점화장치는 착화기로 PC-1400 압력 카트리지를 사용하였고 점화장약으로 이전 파이로스타터의 점화장약으로 사용한 B/KNO_3 보다 자체 에너지 함유량이 높고 환경저항성, 제작성, 안정성이 우수한 MTV 점화제를 선정하였다. 점화기의 재질은 외형변화를 적게 가지고 연소 시 점화기의 이탈 및 연소시 고온/고압으로부터 형상을 유지하기 위해 STS 316을 사용하였다. 또한 고체 추진제 표면에 거의 수직으로 화염을 전달하기 위해서 Fig. 1과 같은 형태의 점화기를 설계 하였다.

2.2 점화기 연소시험

점화기의 홀 크기와 홀 수 등을 결정하기 위해 C.B.T 시험을 수행하였으며, 수차례의 시험을 통해 초기 압력 상승이 우수한 점화기 형태를

선정하였다. 점화기 단독 연소시험을 위해서 실제 파이로스타터와 비슷한 1300cc의 free volume을 가지는 시험치구를 설계/제작하여 시험하였다(Fig. 2 참조). 최종 선정된 점화기로써 내경 30 mm, 높이 40 mm를 가지고 6개의 직경 4 mm, 연소가스 유출구멍이 있는 charge holder를 사용하였다. 또한 점화장약은 외경 30 mm, 내경 22.8 mm, 높이 37 mm의 그레인 형상을 가진 MTV 점화제 19.5 g을 선정하였다.

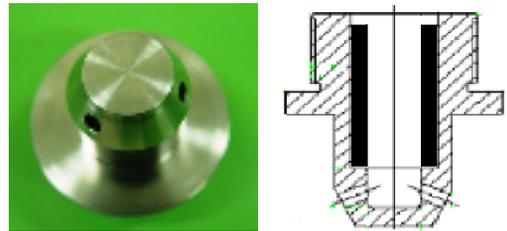


Fig. 1. Igniter shape



Fig. 2. C.B.T Bomb

3 결과 및 고찰

3.1 점화기 압력 형상

Figure 3은 6개의 직경 4 mm를 가지는 점화기 C.B.T 연소시험의 압력결과이다. 착화지연 시간은 5.14 msec이며, 최대압에 도달하는 시간은 68.79 msec 및 그 최대압력은 0.89 Mpa이다. 연소종료시점은 착화기 압력과 챔버 내부 압력이 같아지는 시점으로 정하고 316 ms이 나왔다. 최대압력 0.89 Mpa은 파이로스타터의 주 추진제

를 연소시키기 위한 압력 조건을 만족하는 것으로 나타났다.

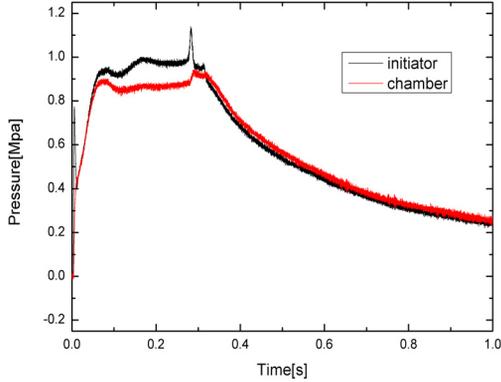


Fig. 3. Pressure at the initiator and Chamber as a function of Time(4 mm 6*EA)

3.2 파이로스타터 연소시험

개발한 점화기 모델을 파이로스타터에 적용하여 연소시험을 수행하였다. Fig. 4, 5는 연소시험시 점화기 압력과 파이로스타터 연소실 내부 압력을 나타낸 것이다. 시험결과 파이로스타터용 점화기의 조건인 200 ms에 빠르게 최고압력에 도달해 초기 빠른 점화속도를 나타내며 파이로스타터의 주 추진제에 점화에너지를 제공한 것을 확인하였다, 또한 점화기는 연소시험동안 파이로스타터 연소관 내부 압력과 열부하를 견디는 것을 확인할 수 있었다.(Fig. 6 참조)

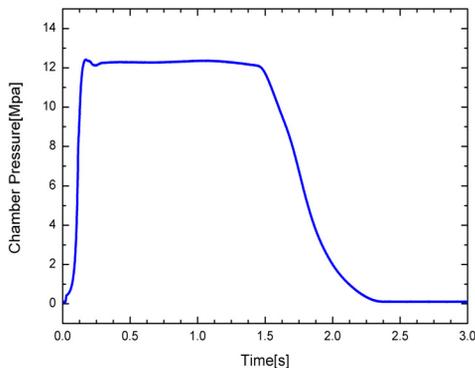


Fig. 4. Pyro Starter Chamber Pressure Curve

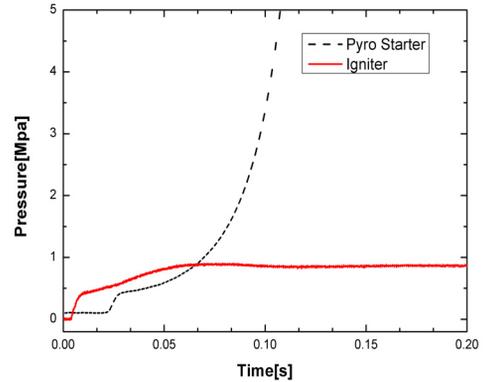


Fig. 5. Igniter and Pyro Starter Pressure Curve



Fig. 6. Igniter after combustion test

3.3 MTV 점화제 질유량

파이로스타터 연소시험 후 점화기내부를 보면 충전된 MTV 점화제가 전부 연소되지 않고 남아 있는 것을 확인 수 있었다. Fig. 4, 5를 보면 파이로스타터의 챔버 압력은 약 0.2 s 에 최고압에 도달하였는데 이는 MTV 점화제가 0.2 s 내에 주 추진제가 연소할 수 있는 에너지를 공급한 것으로 보인다. 0.2 s 동안 연소된 MTV 점화제의 양을 알아보기 위해 질유량을 계산해보았다. MTV 점화제의 연소가스 질유량은 고체 점화제 그레이의 연소면적 및 연소속도와 비례하여 Eq.1 과 같다.

$$\dot{m} = A_b * (a * p^n) * \rho_{MTV} \quad (1)$$

여기서 ρ_{MTV} 는 MTV 점화제의 밀도이고, A_b 는 연소면적, $(a * p^n)$ 는 연소속도 r 로 연소압력(p),

즉, 착화기 압력에 n 차 지수곱으로 표현된다. MTV 점화제의 특성치는 Table 1과 같으며 질유량 계산 결과는 Fig. 7에 나타내었다.

Table 1. Properties of MTV Propellant

항목	특성치
압력지수, n	0.689
온도계수, a [in.]	0.004
점화제 밀도, ρ_{MTV} [g/cc]	1.78

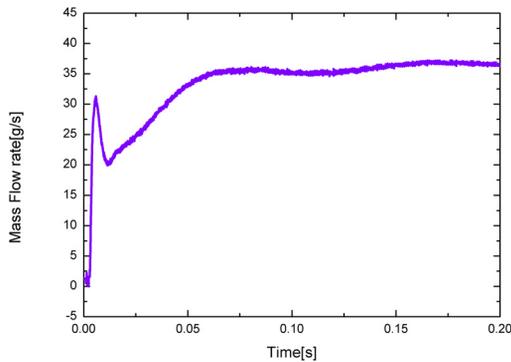


Fig. 7. Mass flow rate of MTV

0.2 s 동안 MTV 점화제가 타들어간 양은 약 6.8 g 정도로 충전된 19.5 g의 1/3 가량 연소 된 것을 확인할 수 있었다. 따라서 MTV 점화제의 양을 줄이고 점화제 그레인 형상을 변경하여 점화제 충전량 감소에 따른 압력감소를 막기 위해 연소면적을 증가시키는 것을 고려하여야겠다. 한편 계산을 위해 사용한 점화기 내부 압력은 C.B.T 시험 결과이므로, 실제적으로는 점화 과정 중에 계산값보다 더 적은 점화장약 유량이 전달 될 것으로 예상된다.

4. 결 론

파이로스타터의 연소관에 충전된 추진제의 점화에 필요한 초기 에너지를 공급하기 위해서 추진기관의 특성과 형상에 맞는 점화기의 제작/개발하였다. C.B.T 시험을 통해서 기본적인 점화기 형상을 결정하였으며, 개발/제작된 점화기는 파이로스타터와의 연계연소시험을 통해서 점화기의 성능을 확인하였다. 성능시험을 통해서 점화기는 파이로스타터 내부 추진제가 연소할 때 발생하는 고온/고압의 연소가스로부터 점화기 형상을 유지하였고 초기에 빠른 점화속도로 파이로스타터 주 추진제에 점화에너지를 제공하였다. 한편 연소시험 결과, 점화에 필요한 점화장약은 현재보다 상당히 적어질 수 있을 것을 기대되며, 이에 대해서 설계 변경 및 연소시험을 수행할 예정이다.

참 고 문 헌

1. Huzel, D.K. and Huang, D.H. Modern engineering for design of Liquid-propellant rocket Engines, AIAA, 1992
2. unli-li, and E., and Yalong-xu, "some recent invention in solid propellant technology for gas generator," AIAA 90-2335, 1990
3. Hensel, C., Mattstedt, T.B., Oechslein, W., Vermeulen, E., and de wilde, M., "ignition system concept for new cryogenic upper stage engine of Ariane 5," AIAA99-2474, 1999
4. 박호준, 홍문근, 이수용 "파이로스타터용 텀퍼 디스크 개발." 한국추진공학회 2009년도 춘계학술대회 논문집 pp.219~222.