

## 열가소성 고체추진제 개발 현황

조준현\*† · 허진욱\* · 김덕현\*\* · 이형진\*\*

### Overview on Development for Thermoplastic Solid Propellants

Joonhyun Cho\*† · Jinwook Heo\* · Dukhyun Kim\* · Hyoungjin Lee\*\*

#### ABSTRACT

Thermoplastic propellants using thermoplastic elastomer binders show moderate performance and mechanical properties compared to thermoset propellants, but these propellants are widely used in a variety of fields due to low cost of raw materials, simple manufacturing process and stable handling process. In order to utilize thermoplastic solid propellants in various fields, we will study properties depending on the content of oxidants, metal fuels and additives.

#### 초 록

열가소성 탄성중합체 바인더를 사용한 열가소성 추진제는 열경화성 추진제와 비교하여 중간 정도의 성능과 기계적 특성을 나타내지만 원재료 비용이 저렴하고, 제조 공정이 단순하며, 취급 공정이 안정적인 장점으로 인해 다양한 분야에서 폭 넓게 사용될 것이라 예측된다. 다양한 분야에서 열가소성 고체 추진제의 활용을 위해 주 원재료인 산화제, 금속연료 및 첨가제의 함량에 따른 특성 변화를 연구하여 향후 예상되는 열가소성 추진제의 수요에 대응하고자 한다.

Key Words: Thermoplastic Solid Propellant(열가소성 고체추진제), Poly Vinyl Chloride(PVC, 폴리염화비닐), Poly Ether Block Amide(PEBAX), Burning Rate(연소속도)

#### 1. 서 론

혼합형 추진제에 적용되는 바인더는 대부분 가교 결합형(Cross-linked) 바인더들이다. 가교 결합형 바인더를 사용한 혼합형 추진제는 높은 성능, 좋은 기계적 특성의 장점이 있으나 저장

중 경화제에 의해 경화반응이 지속적으로 나타나 기계적 특성이 변화하게 되는 단점이 있다. 기계적 특성이 변화하여 추진제로 사용이 어려운 시점을 추진제의 저장 수명(Shelf Life)으로 정하여[1] 사용할 수 없는 추진제는 폐기하는데, 이 때 폐기비용 및 환경오염 등 새로운 문제가 제기되었다.

열가소성 바인더는 Fig1과 같이 가교결합 역할을 하는 Hard Segment, 고무와 같은 탄성을

\* LIG풍산프로테크(주)

\*\* LIG넥스원(주)

† 교신저자, E-mail: jhcho@ligpoongsan.com

갖는 Soft Segment로 구성된다. 다시 열을 가하면 Hard Segment 부분이 연화되어 가공이 가능한 상태가 되므로 형상을 변형할 수 있다.[2]

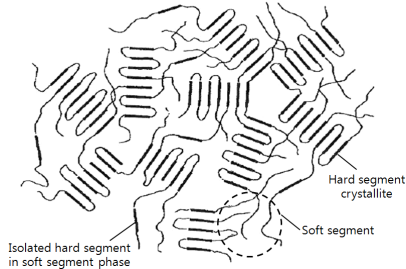


Fig. 1 Structure of Thermoplastic Elastomer

열가소성 바인더를 적용한 추진제는 대표적인 열경화성 바인더인 HTPB(Hydroxy-terminated Poly-butadiene)을 적용한 추진제에 비해 비추력이 다소 낮게 측정되지만, 밀도가 HTPB 추진제에 비해 높으므로 단위 부피당 추력은 더 높게 측정된다.[3]

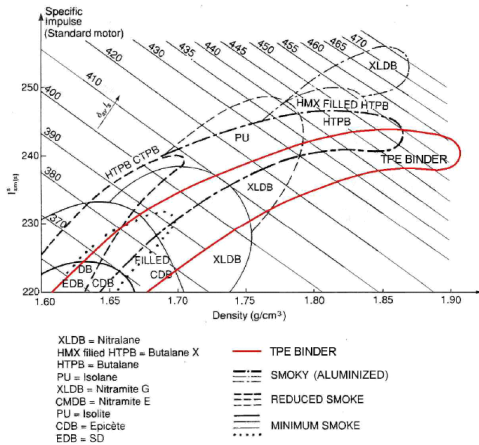


Fig. 2 Typical specific impulse and sensity for several solid propellant categories

## 2. 추진제 조성 설계

추진제 성능을 분석하기 위해 PVC 바인더를 사용하여 산화제(AP)의 함량을 변화시킨 조성

알루미늄 분말의 함량을 10%로 고정한 상태에서 AP의 함량을 변화시킨 조성을 설계하여 비추력을 비교하였다. Fig. 3과 같이 AP의 함량이 낮은 상태에서는 PVC추진제의 비추력이 높았으나 AP 함량 88%이상에서는 HTPB추진제의 비추력이 높게 나타났다. 알루미늄 10% 조성은 Fig. 4와 같이 전구간에서 PVC의 비추력이 높게 나타났다.

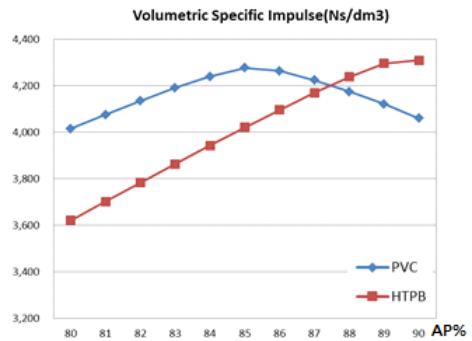


Fig. 3 Volumetric specific impulse

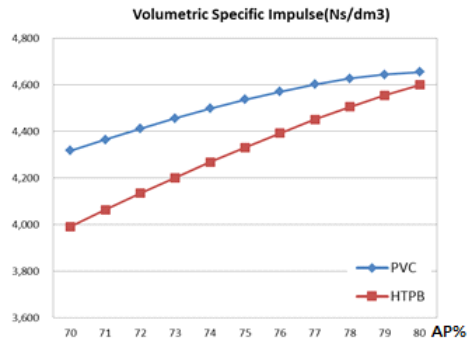


Fig. 4 Volumetric Specific Impulse (10% aluminum)

## 3. 실험 결과 및 고찰

산화제의 함량에 따른 연소속도 및 물성을 측정하기 위해 table 1과 같은 조성으로 추진제를 제작하였다. AP의 함량은 83%에서 88%까지 1% 간격으로 6종을 혼합하였다. 연소속도는 모

든 시료를 측정하였고, 밀도는 84, 86, 88% 시료를 측정하였다.

Table 1. Test specimen and purpose

No.	AP wt%	burning rate	density
#1	83	○	-
#2	84	○	○
#3	85	○	-
#4	86	○	○
#5	87	○	-
#6	88	○	○

연소시험 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 연소속도의 기준 압력은 70bar이다. 83% 조성은 13.5mm/sec, 88%는 24mm/sec이고, AP 함량이 증가할수록 연소속도는 선형으로 증가함을 알 수 있다.

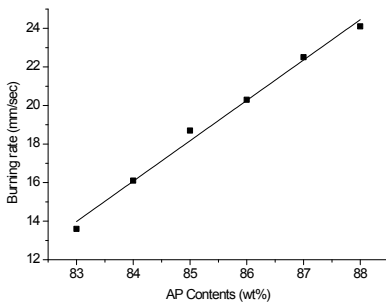


Fig. 5 Burning rate versus AP contents

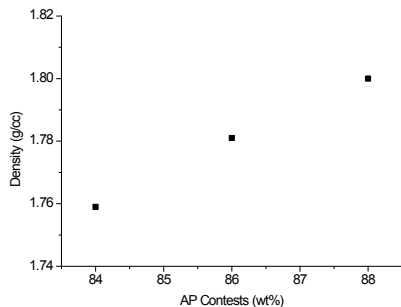


Fig. 6 Density versus AP contents

밀도측정 결과는 Fig. 6과 같다. 밀도 역시 AP

함량에 따라 선형으로 증가함을 알 수 있다. 84% 조성은 1.759g/cc이고 88% 조성에서는 1.800g/cc까지 증가하였다.

#### 4. 결 론

PVC 추진제는 밀도가 높으므로 단위 부피당 비추력이 높은 장점이 있다. 기술적인 장점 외에도 원재료가 저렴하고, 수급이 용이하며, 추진제 생산 공정이 단순하여 경제적인 장점도 크다. 이와 같은 열가소성 추진제의 장점을 바탕으로 단거리, 중거리, 장거리 대전차용 추진제, 곡사포탄용 항력감소제 등 다양한 직경의 추진제 시제와 추진기관을 개발하여 지상연소시험 및 비행시험을 구현하였다.

초소형 유도무기와 같이 향후 무기체계는 소형, 경제성, 생산성 등 다양한 목적에 초점을 맞추어 개발이 될 것으로 예상되며 열가소성 고체 추진제는 좋은 선택이 될 수 있을 것으로 판단된다.

#### 참 고 문 헌

1. Oberth, Adolf E., "Principles of Solid Propellant Development", CPIA Pub. No. 469, 1987, pp. 7-1
2. 조준현, 이호진, 박일, "열가소성 고체 추진제의 연소 속도에 관한 연구", 한국군사과학기술학회 2013년 종합학술대회 논문집, 2013, pp. 1717
3. Vladica Bozic, Boris Jankovski, "Composite Rocket Propellants Based on Thermoplastic Elastomer Binders", 한국추진공학회 2010년도 추계학술대회 논문집, 2010, pp. 199~204
4. 이형진, 정해영, 조준현, 이영근, 이호진 "PEBAX/AP 열가소성 고체추진제의 연소 억제 방안 연구", 한국추진공학회지, 제17권 제5호, 2013, pp. 18~126