

새로운 ADN 기반 고성능 친환경 단일추진제 제작 및 가능성 평가

본 연구에서는 테트라글라임을 ADN 기반 단일추진제의 새로운 연료로 사용하여 ADN 기반 단일추진제로 많이 사용하고 있는 LMP-103S의 단점인 예열온도를 낮추고자 하였다. 또한 증기압이 높은 메탄올 연료 대신 증기압이 낮은 테트라글라임을 연료로 사용하여 추진제 제작 시 필요한 안전설비를 단순화하고자 하였다. 마지막으로 테트라글라임을 연료로 사용하여 ADN 기반 단일추진제의 비추력을 높이고자 하였다. 메탄올, 에탄올, 아세톤, 글리세롤을 비교 연료로 선정하여 제작한 ADN 기반 단일추진제들의 예열 온도와 이론 성능을 비교하였다. 테트라글라임 연료를 혼합한 ADN 기반 단일추진제는 다른 연료들에 비해 3 초에서 16 초 높은 비추력을 가지고 있었으며 밀도 비추력 역시 비교 연료였던 메탄올, 에탄올, 아세톤, 글리세롤보다 높았다. 또한, 소량의 ADN 기반 단일추진제들을 제작하여 각 연료들을 ADN 기반 단일추진제의 연료로 사용할 수 있는지 확인하였다. TGA-DSC 분석을 통해 제작한 ADN 기반 단일추진제들의 예열 온도를 비교하였으며, 분석 결과 글리세롤 연료를 제외한 나머지 연료들을 혼합한 ADN 기반 단일추진제들은 비슷한 분해 시작 온도를 가지고 있었으며 연료의 인화점과 발화점은 ADN 기반 단일추진제의 분해 시작 온도에 영향을 주지 않는다는 것을 확인하였다. 또한 TGA-DSC 분석에서 제작한 ADN 기반 단일추진제들을 넣은 시료들의 무게가 비슷하게 감소하였으며 이를 통해 연료의 증기압은 ADN 기반 단일추진제 내에서의 연료의 증발에 영향을 주지 않는다는 것을 확인하였다.

제작한 ADN 기반 단일추진제의 안전성과 폭발가능성을 평가하기 위해 블래스팅 캡 시험을 진행하였으며, 시험 결과 제작한 모든 ADN 기반 단일추진제들은 알루미늄 튜브의 윗부분이 터져 열렸으며 제작한 ADN 기반 단일추진제들은 모두 비슷한 폭발력을 가지고 있었다. 이를 통해 제작한 추진제들은 모두 추진제로써 안전하다고 판단하였다. 또한, 정성적인 비교뿐 만이 아닌 정량적인 분석도 진행하였으며 정략적인 분석 결과 제작한 모든 ADN 기반 단일추진제들은 질산암모늄보다 약한 폭발력을 가지고 있었으며 제작한 ADN 기반 단일추진제들 중에서는 테트라글라임을 연료로 사용하는 ADN 기반 단일추진제의 폭발력이 강하였다.

블래스팅 캡 시험 이후 마이크로 추력기를 사용하여 테트라글라임 연료를 혼합한 ADN 기반 단일추진제의 사용 가능성을 평가하였다. 마이크로 추력기에 사용한 촉매로는 ADN 기반 단일추진제의 높은 단열 분해 온도를 견딜 수 있는 La/Pt/ γ -Al₂O₃를 사용하였다. 또한 마이크로 추력기의 높은 열손실을 줄이기 위해 감광유리를 재료로 사용하였으며 MEMS 공정을 통해 제작하였다. ADN 기반 단일추진제는 기본적으로 250°C 이상으로 예열을 해야하며 예열을 위해 90wt.% 과산화수소를 촉매대에 7 초간 선주입하였다. 이후, ADN 기반 단일추진제를 촉매대에 20 초간 주입하여 연소 시험을 진행하였으며 연소 시험 결과 테트라글라임을 혼합한 ADN 기반 단일추진제의 연소 현상을 관측하였다. 설계한 추력에 비해 낮은 추력과 비추력을 가지고 있었으며 온도와 압력 역시 이론 성능에 비해 낮게 측정되었다. 하지만 이는 마이크로 추력기의 높은 열손실과 추력기의 노즐목 확장으로 인한 현상이라고 판단하였다. 압력, 온도, 추력이 낮았지만 테트라글라임 연료가 안정적으로 산화하며 연소하는 것을 확인하였으며 이를 통해 테트라글라임 연료를 혼합한 ADN 기반 단일추진제의 사용 가능성을 확인하였다.

이번 연구를 통해 테트라글라임을 연료로 사용하는 ADN 기반 단일추진제의 제작 가능성, 안전성, 사용 가능성을 확인하였으며 향후에는 추진제 내의 ADN, 연료, 증류수의 비율을 변경하여 LMP-103S보다 높은 비추력을 갖는 비율을 찾고자 한다. 또한 테트라글라임을 혼합한 ADN 기반 단일추진제의 정확한 성능을 알기 위해 일반 추력기에서의 연소 시험을 진행하고자 한다.