

ADN 단일 추진제 기반 1N 급 추력기 시스템 개발

김진철* · 최우주* · 조영민** · 전종기*** · 김태규†

Development of 1-N class Thruster System based on ADN Monopropellant

Jincheol Kim* · Woojoo Choi* · Yeongmin Jo** · Jonggi Jeon*** · Taegy Kim†

ABSTRACT

Ammonium dinitramide (ADN) Low toxicity monopropellant based 1N class thruster and test equipment were developed. Compared with the hydrazine which used in existing satellite thruster, ADN is easy to handle and has excellent physical characteristics such as density and specific impulse. Due to these characteristics, ADN is attracting attention as an eco-friendly propellant. In this paper, 1N class thruster and thrust measurement system was designed for performance testing of ADN monopropellant. The composition of the propellant for the design and experiment was set at 11.2: 25.4: 63.4 for each of Methanol: H₂O: ADN.

초 록

Ammonium dinitramide (ADN) 저독성 단일 추진제 기반의 1N 급 추력기 및 시험장치 개발을 수행하였다. ADN은 기존에 인공위성용 추력기에 사용되고 있는 하이드라진 대비 취급이 용이하고 밀도, 비추력과 같은 물리적 특성이 우수한 물질이다. 이러한 특성으로 인해 ADN은 친환경 추진제로 주목받고 있다. 본 논문에서는 ADN 단일 추진제의 성능시험을 위한 1 N급 추력기 및 측정설비를 설계하였다. 설계 및 실험을 위한 추진제의 조성은 Methanol:H₂O:ADN 각각을 11.2:25.4:63.4로 설정하여 진행하였다.

Key Words: Ammonium dinitramide(ADN), High energetic material(고 에너지 물질), Liquid propellant(액체 추진제), Monopropellant Thruster(단일추진제 추력기)

1. 서 론

관측/탐사에서부터 정보수집에 이르기까지 민, 관, 군에서의 여러 요구사항을 만족시키기 위해 다양한 인공위성 및 발사체에 대한 수요가 증가하고 있다. 이를 충족하기 위해 해당 탑재체들에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 다양한 핵심기술들이 있겠지만, 특히나 자세 제어와 궤도 수정

* 조선대학교 항공우주공학과

** 경희대학교 환경공학과

*** 공주대학교 화학공학부

† 교신저자, E-mail: taegy@chosun.ac.kr

을 위해서 추력기 시스템이 주요 핵심 기술로 요구된다. 이러한 핵심 기술의 획득을 위해 다양한 종류의 추력기 시스템에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 비교적 구조가 단순하고 작동방식이 간단한 냉 가스 추력기에서부터 이원추진제 추력기에 이르기까지 요구사항에 맞는 다양한 추력기 시스템의 개발이 이루어지고 있다.

또한, 안정적이며 취급이 용이하고 비교적 보관이 수월한 친환경 추진제에 대한 관심이 날로 높아지고 있다. 현재 연구개발이 진행되고 있는 대표적인 친환경 추진제로는 HAN(Hydroxyl ammonium nitrate), HNF(Hydrazinium Nitro Formate), H_2O_2 (Hydrogen Peroxide), AN(Ammonium Nitrate), ADN(Ammonium Dinitramide) 등이 있다. 이 중 ADN의 경우 여타 친환경 추진제 대비 몇 가지 장점으로 인해 주목받고 있다. 취급이 용이하고 기존 추진제 대비 높은 비추력을 나타내는 장점이 있다[1, 2].

특히나 ADN은 1970년대에 러시아에서 개발된 이후로 미국 등 유럽 선진국에서 제조 및 활용에 대한 연구 개발이 이뤄지고 있다. 대표적으로 유럽에서는 SSC(Swedish Space Corporation)의 자회사인 ECAPS의 주도로 HPGP(High Performance Green Propellant)의 연구개발을 진행하였으며 특히 PRISMA(Prototype Research Instruments and Space Mission technology Advancement) 위성 프로젝트에 ADN 단일 추진제 추력기 시스템을 탑재해 시험비행에 성공한 바 있다[3, 4].

본 논문에서는 비교적 구조가 간결하고 높은 비추력을 얻을 수 있는 ADN 단일 추진제 추력기를 및 추력 측정 설비를 설계하였고 해당 장비를 바탕으로 추력기의 성능을 시험하였다.

2. 추력기 시스템 설계 및 제작

2.1 추력기 설계

ADN을 단일 추진제로 활용하기 위해 ADN과 연료 용매를 일정 비율로 혼합하여 사용하게 된다. 본 추력기에 적용된 추진제의 경우 다음과

Table 1. Specification of ADN monopropellant and Thruster

Supply Pressure		Nozzle Expansion Ratio	
20 bar		50	
Reactants	Weight Ratio	Temperature	
CH ₃ OH	11.2	298.15 K	
H ₂ O	25.4		
ADN	63.4		

I _{VAC}	2496.4 Ns/kg	[254.7s ⁻¹]
I _{SP}	2415 Ns/kg	[246.4s ⁻¹]
C*	1344.2 m/s	

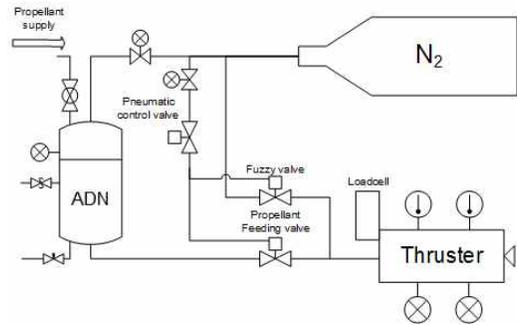


Fig. 1 Schematics of ADN thruster test system

같이 Methanol(CH₃OH) : 물(H₂O) : ADN을 각각 11.2:25.4:63.4의 비율로 혼합하여 적용하였다.

이를 바탕으로 하여 NASA CEA code를 이용하여 노즐 확장비(ϵ) 50에서의 해석을 수행하였으며 그 결과는 다음 Table 1에서의 값과 같다.

해당결과를 바탕으로 설계한 결과 0.4g/s의 ADN 단일 추진제 공급을 통해서 최대 1N의 추력을 얻을 수 있을 것으로 해석되었다.

2.2 추력측정 설비 설계

Figure 1은 ADN 단일 추진제 기반 추력시험설비의 개략도이다. 추력기 성능 시험을 위해 다음의 장비를 구축하여 실험을 진행하고자 하였다.

1N 급 추력기의 추력을 측정하기 위해서 HBM사의 고 정밀 소형 로드셀을 장착하였다. 추력 시험장비 공급 유체로 불활성 기체인 N₂를 선정하여 추진제 주입 압력 공급, 시험 종료 후

추력기 내부 Fuzzy, 공압 밸브 제어에 사용하였다. Regulator를 통해 시스템 전체의 공급압력을 조절하게 된다.

공급된 ADN 추진제는 Shower nozzle을 통과하며 추력기 촉매베드에 고르게 분사되며 촉매와의 반응하여 생성된 가스가 노즐을 지나며 추력이 생성된다. 이때 생성된 추력을 로드셀을 통해 측정하고 측정된 데이터는 DAQ 장비를 거쳐 수집된다.

3. 결 론

1N급 ADN 단일 추진제 기반 추력 시스템의 설계 및 개발을 수행하였다. 시험 설비 구축을 통해 다양한 조건에서의 ADN 단일 추진제 추력기의 성능 시험을 진행할 수 있게 되었다.

후 기

본 연구는 한국연구재단의 우주핵심기술개발사업 (No.2016017723)의 지원을 받아 수행되었습

니다.

참 고 문 헌

1. 김진철, 조영민, 전종기, 김태규 “ADN 기반 Sub-Newton급 추력기의 수치해석적 설계” 한국추진공학회 2016년 추계학술대회, 2016, pp. 1000-1002
2. 조인현, 한상엽 “최근의 우주발사체용 청정 추진제 추력기 동향검토” 한국우주산업기술 동향 제13권, 제2호, 2015, pp.167-177
3. K. Anflo, R.Möllerberg, "Flight demonstration of new thruster and green propellant technology on the PRISMA satellite" Acta Astronautica Vol. 65, pp.1238 - 1249, 2009
4. Amir S.Gohardani, JohannStanojev, AlainDemairé, KjellAnflo, MathiasPersson, Niklas Wingborg, ChristerNilsson "Green space propulsion : Opportunities and prospects" Progress in Aerospace Sciences, Vol. 71, pp.128-149, 2014