

액체수소 공급용 저압 기화기 실험적 및 해석적 연구

오수진^{*†}, 장석필^{**}

*한국항공대학교 스마트항공모빌리티학과, **한국항공대학교 항공우주 및 기계공학과

Experimental and Analytical Study of a Low-Pressure Vaporizer for Liquid Hydrogen Supply

Soo Jin Oh^{*†}, Seok Pil Jang^{**}

*Dept. of Smart Air Mobility, Korea Aerospace Univ.

** Dept. of Aerospace and Mechanical Engineering, Korea Aerospace Univ.

1. 서 론

전 세계적으로 환경 보호를 위한 온실가스 배출 감소의 필요성이 대두되면서, 친환경적인 대체 에너지원으로써 수소가 주목받고 있다.⁽¹⁾ 수소는 주로 운송 효율을 높이기 위해 부피가 작은 액체 상태로 이송되며, 다양한 소비자에서 에너지원으로 사용하기 위해 기체 상태로 변환하여 공급되어야 한다. 이러한 극저온 열교환 시스템에서 기화기는 주요 구성 요소 중 하나이며, 경제적으로 운영되기 위해서는 95% 이상의 열효율이 확보되어야 한다.⁽²⁾

액체수소용 극저온 기화기는 소비자 및 운용 환경에 따라 저압 또는 고압 기화기로 분류된다. 저압 기화기는 주로 발전시스템, 선박과 같은 부피 제약이 적은 곳에 활용되며, 10 bar 이하의 액체수소를 상온의 기체수소 상태로 공급한다.⁽³⁾ 다양한 운용 환경에서 기화기를 활용하기 위해서는 700 bar 이상 고압의 극한 환경에서 사용 가능해야 하나, 현재 수소의 초임계 상태에 대한 연구는 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 액체질소를 사용하여 저압 극저온 기화기에 대한 이론적 성능해석 모델을 수립하고 이를 실험을 통해 검증하고자 한다.

2. 본 론

액화천연가스 (LNG)용 기화기에 대한 선행연구⁽⁴⁾를 바탕으로 Counter Flow 열 교환 방식과 Spiral Type 으로 기화기 형상을 선정하였다. 극저온 기화기의 경우 입출구 온도차가 크기 때문에 축방향 열전도의 영향으로 인한 효율 저하가 고려되어야 하며, 기존 선행 연구⁽⁴⁾는 실제 기화기 운용 환경을 반영하지 않은 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 실제 기화기의 운용 환경이 반영된 경계조건⁽⁵⁾을 적용한 Effectiveness-NTU method 를 사용하여 이론적 성능해석을 진행하였으며, 이를 검

증하기 위해 극저온 열교환 시스템을 제작하여 실험을 수행하였다. 열교환에 사용된 저온 유체는 액화 질소이며, 고온 유체는 Ethylene Glycol Water 을 사용하였다. 고온 유체의 입구온도와 유량을 일정하게 유지하였으며, 저온 유체의 목표 출구온도는 상온으로 설정하였다. 저압 (7~10 bar) 조건에서 저온 유체의 유량 (5 kg/h~25 kg/h) 에 따른 작동 유체의 입출구의 온도를 측정하여 열효율을 구하였다.

3. 결 론

본 연구에서는 액체수소 공급용 저압 극저온 기화기의 이론적 성능 모델을 수립하였으며, Lab-Scale 의 극저온 기화기 시스템을 제작하였다. 다양한 저온 유체 유량과 압력 조건에서 실험을 진행하였으며, 목표 조건에서 열효율이 90% 이상인 것을 확인하였다. 이를 통해 수립된 이론적 성능 해석 모델이 타당함을 검증하였다.

참고문헌

- (1) Ball, Michael, Martin Wietschel., 2009, "The future of hydrogen opportunities and challenges," *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 34, No.2, pp. 615~627
- (2) Popov, D., Fikiin, K., Stankov, B., Alvarez, G., Youbi-Idrissi, M., Damas, A., Evans, J. and Brown, T., 2019, "Cryogenic heat exchangers for process cooling and renewable energy storage: A review," *Applied Thermal Engineering*, Vol. 153, pp. 275~290
- (3) Chang, H. M., Kim, B. H. and Choi, B. G., 2020, "Hydrogen Liquefaction Process with Brayton Refrigeration Cycle to Utilize the Cold Energy of LNG," *Cryogenics*, Vol. 108, 103093.
- (4) Kroeger, P. G., 1967, "Performance Deterioration in High Effectiveness Heat Exchangers due to Axial Heat Conduction Effects," *Advanced Cryo. Eng.*, Vol. 12, pp. 363~372.
- (5) S. Y. Kang, S. P. Jang., 2023, "Performance Analysis Model of a Low-Pressure Cryogenic Vaporizer for Liquefied Hydrogen," *Trans. Korean Soc. Mech. Eng. A*, Vol 47, No. 1, pp. 7~13.

† Presenting Author, soojin00@kau.kr