2004-S-180

소형 압축기를 이용한 관성관형 맥동관 냉동기의 성능 특성에 대한 실험적 연구

김 홍 성, 정 상 권*
한국과학기술원 기계공학과 대학원, *한국과학기술원 기계공학과

An Experimental Study on Performance of Inertance Pulse Tube Cryocooler using Small Compressor

Hongseong Kim, Sangkwon Jeong*
Graduate School, Department of Mechanical Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Daejeon 305-701, Korea
**Department of Mechanical Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Daejeon 305-701, Korea*

요 약

맥동관 냉동기는 저온부 내부에 기계적인 구동부(변위기 또는 팽창 피스톤) 대신 기체 변위기만 존재하므로 마모의 문제가 없으며, 열발생 및 소음, 진동의 문제도 적다는 장점을 가지고 있다. 또한 맥동관 냉동기는 구성 요소 및 운전 조건에 따라 광범위한 냉각 온도 범위에 적용할 수 있어, 기존 G-M 냉동기 및 스털링 냉동기의 적용 영역에서 이들을 대체할 수 있는 유력한 대안으로 부각되고 있다. 본 연구에서는 최대 소비 전력이 40 W인 소형 선형 압축기를 사용하여 작동하는 관성관형 맥동관 냉동기를 구현하여 실험을 수행하였다. 이러한 소형 맥동관 냉동기에 대한 연구는 소형 적외선 센서의 안정적인 냉각에 효과적이므로 반드시 필요하다. 특히 인공위성에서 소비 전력의 제한이 있을 때 적외선 센서나 통신 시스템의 냉각에 응용이 가능하다. 이러한 작은 용량의 압축기에 대응하는 소형 관성관형 맥동관 냉동기의 성능은 여러 가지 인자에 매우 민감하게 반응하므로, 이에 대한 연구는 더욱 중요시된다.

따라서 본 연구에서는 불용 체적의 변화, 운전 주파수, 충전 압력, 관성관 및 맥동관의 형상, 재생기 망 치수 번호(mesh number)의 변화 등의 인자가 관성관형 맥동관 냉동기의 냉동 능력에 미치는 영향을 실험적으로 고찰하였다.

첫째, 압축기와 고온부 열교환기 사이에 존재하는 불용 체적의 효과를 파악하기 위하여, 압축기와 후냉각기 사이의 불용체적이 1.2 cc인 기존의 실험 장치와 불용체적을 0.2 cc로 감소시킨 실험 장치를 통하여 얻어진 실험 결과를 비교하였다. 둘째, 운전 주파수 및 충전 압력의 변화가 맥동관 냉동기의 성능에 미치는 영향을 확인하기 위하여, 첫 번째 실험에서 가장 최적의 성능을 보였던 조건, 즉, 맥동관 길이 50 mm, 관성관 길이 80 cm인 조건에 대해서 운전 주파수와 충전 압력을 변화 시키면서 냉동기의 성능 변화를 측정하였다. 셋째, 재생기 망 치수 번호의 변화가 냉동기의 성능 변화에 미치는 영향을 고찰하기 위하여, 망 치수 번호가 200인 재생기와 400인 재생기에 대해서 재생기와 맥동관이 일체형인 모델을 각각 3가지를 제작하여 각각의 모델에서 맥동관 길이와 관성관 길이에 따른 냉동기 저온부의 온도 변화를 관찰하였다.

실험 결과를 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 첫째, 불용 체적이 감소하면 냉동기 내의 압력 진폭이 증가하여 냉동기의 성능이 향상되는 것으로 나타났다. 둘째, 적절한 운전 주파수(45Hz)와 충전 압력(20 atm)에서 운전 주파수가 압축기의 고유 주파수와 일치하면 냉동기는 최대의 성능을 보이는 것으로 나타났다. 셋째, 재생기 망 치수 번호가 400일 때 비유용도 손실의 감소에 따라 냉동기의 특성이 향상되었다. 또한 최적의 성능을 보이는 맥동관과 관성관의 길이가 존재함을 알 수 있었다.