대한설비공학회 2003하계학술발표대회 논문집 p. 105

03-S-096

일체형 로타리 스터링냉동기의 기본설계

홍용주†, 박성제, 김효봉, 최영돈*
한국기계연구원 열유체공정기술연구부, *고려대학교 기계공학과

Preliminary Design of Integral Rotary Stirling Refrigerator

Yong-Ju Hong†, Seong-Je Park, Hyo-Bong Kim, Young-Don Choi*
Thermo-Fluid System Department, KIMM, Daejeon, 305-343, Korea
**Department of Mechanical Engineering, Korea University, Seoul 136-701, Korea*

요 약

스터링냉동기는 Gifford-McMahon 냉동기와 더불어 다양한 상업적 분야에서 활용도가 매우 높은 극저온냉동기로, 최근 삶의 질 향상을 위한 정보·전자기기의 급속한 소형, 휴대형화 추세에 부응하여, 스터링냉동기의 주 활용영역인 적외선 진단 시스템의 이동성/휴대성에 대한 요구가 증대되고 있다. 이에 따라 적외선 진단시스템의 경량화, 소형화를 위한 고효율의 소형, 경량 스터링냉동기에 대한 수요가 크게 증대되고 있다.

본 연구는 최근 수요가 급증하고 있는 적외선센서 냉각용(냉각온도 77K, 냉동능력 약 0.5 W급, 소요동력 20 W미만)의 일체형 로타리 스터링냉동기의 기본 열설계를 목적으로 하며, 이를 위해 등온열해석을 통한 스터링냉동기 사이클 설계 및 누설, 열전도 등의 손실인자가 냉동기의 열성능에 미치는 영향을 고찰하기 위해 SAGE™를 통한 열해석을 수행하였다.

본 연구에서의 일체형 로타리 스터링냉동기는 BLDC 회전모터에 의한 회전운동을 직선운동으로 변환하는 크랭크 기구, 압력파형을 발생시키는 압축피스톤 및 실린더로 구성된 회전형 압축기와 극저온의 환경을 유지, 생성하기 위한 재생열교환기(regenerator), 강제구동 방식의 변위기(displacer)로 구성된 팽창기, 압축기와 팽창기를 연결하는 연결관으로 이루어져 있다.

등온 열해석을 통한 설계인자의 변화에 따른 스터링냉동기의 성능변화를 고찰한 결과, 충전압력의 증가, 회전수의 증가, 압축기 피스톤 및 변위기의 변위 증가에 따라 냉동기의 팽창일 및 압축일이 증가하는 것으로 나타났으며, 변위가 증가하는 경우에는 냉동기내의 압력비 역시 크게 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 스터링냉동기의 충전압력, 회전수, 압축기 및 변위기의 변위는 스터링냉동기의 성능에 큰 영향을 미치며, 적정한 수준의 압축일을 유지하기 위해서는 이들 인자들의 제한이 필요함을 알 수 있다.

3차정도 해석은 스터링냉동기 시스템 내의 손실체적(dead volume)을 고려할 수 있을 뿐만 아니라, 각 냉동기 구성품에서의 압력손실, 열전달 특성을 고려할 수 있어, 등온 해석에 비해 현실적인 설계인자를 제공할 수 있다.

본 연구에서는 상용 극저온냉동기 열해석 프로그램인 SAGE를 통한 3차정도 해석을 수행하였다. 해석결과는 등온해석에서 구한 팽창일이 3차정도 해석에 비해 상당히 크게 나타나며, 변위기 및 팽창기의 열손실은 팽창일의 상당 부분을 차지함을 알 수 있으며, 압력비는 압축공간에서 약 1.53, 팽창공간에서 약 1.35로 나타나, 등온해석의 압력비 1.65에 비해 다소 낮게 나타났다. 이는 등온해석에서는 손실체적 및 연결관의 체적을 고려하지 않는 반면, 3차정도 해석에서는 이를 고려할 뿐만 아니라, 압축기 및 변위기의 간극으로 인한 누설을 고려하였기 때문이다.

일체형 로타리 스터링냉동기의 사이클 설계를 수행한 결과, 압축일 20 W미만에서 냉동능력 0.5W급의 스터링냉동기를 기본 열설계를 수행하였으며, 이 결과를 바탕으로 일체형 로타리 스터링냉동기를 제작, 성능시험을 수행하고자 한다.