

# 재생기의 공극률이 스티어링 극저온냉동기의 냉동능력에 미치는 영향

홍용주<sup>†</sup>, 박성제, 김효봉, 최영돈<sup>\*</sup>

한국기계연구원 열유체공정기술연구부, <sup>\*</sup>고려대학교 기계공학과

## The effects of the porosity of the regenerator on the cooling performance of the Stirling Refrigerator

Yong-Ju Hong<sup>†</sup>, Seong-Je Park, Hyo-Bong Kim, Young-Don Choi<sup>\*</sup>

Thermo-Fluid System Department, KIMM, Daejeon, 305-343, Korea

<sup>\*</sup>Department of Mechanical Engineering, Korea University, Seoul 500-700, Korea

### 요 약

재생기(재생열교환기, regenerator)는 스티어링냉동기, G-M 냉동기, 맥동관냉동기 등 재생형 극저온냉동기의 핵심 열역학적 요소로, 재생물질은 적용 온도범위에 따라 구형 또는 스크린(wire screen)의 형태가 많이 사용되어지고 있다. 압축기로부터 공급된 고온의 가스는 재생물질과의 열전달을 통해 저온으로 냉각된 후 팽창공간으로 유입되며, 팽창공간에서 냉각된 공급된 저온의 가스는 재생물질과의 열전달을 통해 고온으로 복귀하게 된다. 따라서 재생기의 열 및 유동특성은 극저온냉동기의 성능을 제한하는 주요한 요인으로, 열역학적으로 이상적인 재생기는 큰 전열면적, 열용량과 유동방향으로는 매우 작은 열전도 특성을 유동에 수직방향으로는 매우 큰 열전도특성, 작은 압력손실을 요구한다.

스크린은 압력손실에 비해 높은 열전달 면적과 다양한 재질 (황동, SUS 등) 및 종류 (#50 ~ #400)를 경제적으로 활용할 수 있어, 일반적으로 스티어링 극저온냉동기의 재생기로 많이 사용되어지고 있다. 한편 스크린은 직조형태(weave style) 및 선경(wire diameter), 단위 길이당 유로의 수(#에 따라 분류되며, 스크린의 적층상태를 나타내는 공극률(porosity)은 재생기의 중요한 지표로 활용되고 있다. 정상유동 및 실제 운전조건을 고려한 왕복유동에 스크린의 열 및 유동특성에 대한 다양한 실험 및 이론적 연구가 수행되어, 고주파수의 왕복유동조건에서 정상유동보다 큰 압력강하가 발생하는 것으로 보고된 바 있으나, 이를 극저온냉동기 시스템 측면에서 고려한 연구는 거의 진행되지 못하고 있는 상황이다.

본 연구는 재생기의 스크린특성이 스티어링 극저온냉동기의 냉각성능에 미치는 영향을 고찰하기 위해, 극저온냉동기 해석 프로그램인 SAGE를 활용하여 재생기의 공극률변화에 따른 성능해석을 수행하여 이론냉동능력, 엔탈피유동, 셔틀열손실, 전도열손실의 변화를 고찰하였다.

해석결과 냉동능력에 영향을 미치는 각종 손실 중 재생기를 통한 엔탈피유동으로 인한 손실이 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 재생기 및 간극을 통한 엔탈피유동으로 인한 손실은 공극률이 증가함에 따라 감소하는 것으로 예측되었다.

또한 셔틀열손실은 전도열손실보다 작은 값으로 나타났다. 이와 같은 열손실을 고려해 볼때 공극률에 따른 냉동능력의 차이는 주로 팽창공간 압력비의 변화에 따른 이론냉동능력의 변화 및 재생기를 통한 엔탈피유동으로 인한 열손실로 인해 발생하는 것으로 판단된다.