

고온초전도 케이블용 cryostat의 단열조건에 따른 열침입량에 대한 이론적 고찰

김도형^{*}, 정원목, 김동락, 양형석, 정기호, 조승연
한국기초과학지원연구원/용융개발팀

Estimation of Heat Loads Invaded into HTS Cable Cryostat under Various Cryogenic Insulation System

Do-Hyeong Kim^{*}, Won-moog Jung, Dong-Lak Kim, HyungSuk Yang, Gi-Ho Jeong, Seungyon Cho

Device Operation Division, Korea Basic Science Institute, Daejeon 305-333, Korea

요 약

고온초전도 케이블의 냉각성능평가를 위한 기초연구로서 저온장치의 단열조건에 따른 단열 성능에 대한 이론적으로 평가를 시도한다. 상온부에서 극저온부로의 열침입은 대단히 활발한 현상으로서 이를 차단하는 것은 극저온시스템의 유지를 위해서 대단히 중요하다.

상온부에서 복사, 전도, 가스전도 등의 각 열전달 기구들에 의한 저온부로의 열전달량을 평가하기 위한 계산식을 정리하고, 이를 초전도 케이블용 저온장치와 같은 구조의 실험용 저온용기에 적용하여 열침입량을 평가한다. 이를 통해 실제 고온초전도 케이블용 저온장치의 단열성능 평가를 위한 기초자료를 얻을 수 있었다.

진공단열을 적용하기 때문에 대류에 의한 열전달은 고려대상에서 제외되었고, 다른 열전달 기구를 통한 열침입에 대해 고려하였다. 진공상태에서는 복사에 의한 열전달이 우세하게 되는데, 저온용기로 들어오는 열침입량의 대부분을 차지하게 된다. 하지만, 복사차폐재의 사용으로 복사열침입을 효과적으로 줄일 수 있었다. 이론적인 해석이라 실제의 경우와는 차이가 있겠지만, 본 연구에서는 10장 정도의 복사차폐재만으로도 차폐재가 없는 경우의 복사 열전달량의 97%정도를 차단할 수 있음을 알 수 있다. 물론, 진공도는 높게 유지되어야 하며 진공도가 개선될수록 자유 기체분자에 의한 가스전도도 차단할 수 있음을 알 수 있었다. 한편, 고온부와 저온부의 구조적인 연결에 의한 전도 열침입은 진공도와 복사차폐재의 유무에 관계없이 일정하게 유지되는 양이다. 그러므로, 저온장치의 설계단계에서부터 전도열전달량을 줄이기 위한 고려가 필요하다는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Incropera, F. P. and DeWitt, D. P., 1996, Introduction to Heat Transfer, 3rd ed., Wiley, pp. 678-714.
2. Modest, M. F., 1993, Radiative Heat Transfer, McGraw-Hill, pp. 780-801.
3. White, G. K., 1979, Experimental Techniques in Low-Temperature Physics, 3rd ed., Clarendon Press, pp. 131-134.
4. Timmerhaus, K. D. and Flynn, T. M., 1989, Cryogenic Process Engineering, Plenum Press, pp. 378-387.