

(1) 용기구조

크라이오스타트는 단열을 위해 최외층에 진공조, 최내층에 LHe조, 중간에 LN₂조 등 3중구조로 되어있다. 크라이오스타트의 열분석에서는 보통 얼전달에서 고려되는 열전도 및 열대류 외에 열복사가 중요한 성분이다.⁵⁾

(2) 용기두께

용기는 내부압력에 의해 접선응력과 축방향응력을 받는다. 전자가 무자보다 크고 이에의한 용기벽 두께 t와 내부압력 P와의 평형관계식은 내반경 D, 인장강도 S인 경우 다음과 같다.

$$t = PD/2S$$

또한 용기 상, 아만의 두께와 내부압력과의 평형관계식은 원형판의 반경이 r인 경우 다음과 같다.

$$t = 0.5r\sqrt{P/S}$$

(3) 설계에

그림 2는 전출한 25KJ 초전도 자석을 침적, 냉각하기 위해 설계한 스테레스강 재질의 크라이오스타트이다. 여기에서 LHe 조벽의 두께는 안전계수 및 용접의 용이를 고려하여 0.5 (mm)로 하였다. 외부에서 침입하는 열전도를 감소하기 위해 LHe조 상부와 LN₂조를 thermal anchor로 접속하였고 복사열을 감소하기 위해 진공조 내부와 LHe 조 상부에 차폐판을 설치하였다.

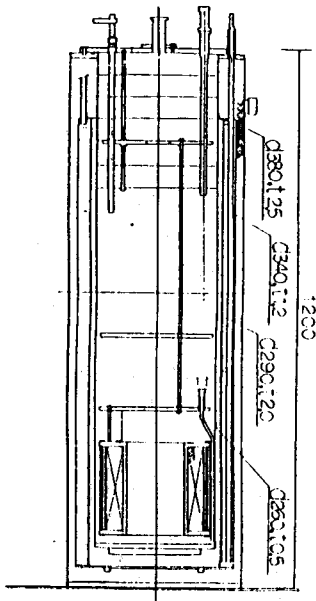


그림 2. 크라이오스타트 상세도

5. 퀀치보호외도

초전도 자석에서 외란 또는 에너지 총방전에 의한 자장 변화로 발생하는 교류손실등에 의해 일정부의 또는 전체적으로 온도가 증가하게 되면 초전도상태에서 상전도상태로 전이된다. 이러한 현상이 일어나게 되면 심한 경우에 자석을 소손할 우려가 있다. 따라서 이를 검출하여 초전도 자석 및 전원본체를 보호하여야 한다. 브릿지법

퀀치검출은 가장 확실한 검출방법으로서 초전도 자석 상단 또는 아단에서 퀀치발생시 전압명령이 개지게되어 퀀치를 검출하는 방법이다. 퀀치검출 작동점은 초전도 자석에서 상전도상태의 전압속도 및 저항크기에 의해 결정되며 외부 noise와 구별되도록 하여야 한다. 전출한 소형 초전도 자석에서는 검출 불명형전압을 0.5-11(V), 지연시간을 50 (ms) 정도로 하면 적당하였다. 퀀치검출외도에서 검출 신호는 보호외도를 작동시켜 초전도 자석에 병렬연결된 보호저항을 통하여 초전도 자석에 흐르던 전류를 방전하게 된다. 따라서 초전도 자석에 저장된 에너지의 대부분이 보호저항에서 방출한다.

6. 결 론

이상에서 소형 초전도 자석장치에 관한 어려사항을 고찰하였다. 초전도 자석을 원하는 정격보다도 과도한 여유를 가지도록 설계한다면 예산의 낭비이므로 적절하게 이루어져야 한다. 초전도 자석 설계시에 정격전류는 약 20-40% 정도의 전류 여유를 주어 초전도 선을 선정한다. 자석 영상은 자장, 인덕탄스, 응력등을 고려하여 설계한다. 자석에 걸리는 최대자장은 초전도상태와 직접 연관되며 응력은 소형 초전도 자석에서 크지 않으나 관선의 미소한 움직임에 의한 열발생으로 퀀치가 발생할 수 있으므로 강선으로 단단히 고정한다. 크라이오스타트의 크기 및 영상은 냉각시킬 초전도 자석에 적당하게 설계하고 단열을 위해 구조는 3중구조로 한다. 강판의 두께는 용접의 용이를 위해 0.5 (mm) 이상으로 하는 것이 좋다. 초전도 자석을 퀀치로부터 보호하기 위한 퀀치검출은 브릿지법이 간단하고 정확하였으며 검출작동점은 외부 noise와 구별되도록 하여야 한다. 이상에서 소형 초전도 자석 시스템에 관한 어려사항이 고찰되었으나 이들 특성을 보다 정확히 구명하고 최적설계가 되기 위해서는 많은 실험과 분석이 뒤따라야 한다.

7. 참고문헌

- 1) M.N. Wilson, "Superconducting Magnet", Oxford, 1983
- 2) 이승원외, " 초전도 전력에너지 저장장치에 관한 연구", 서울대학교 생산기술연구소, 1985 및 1986
- 3) D.B. Montgomery, "Solenoid Magnet Design", Robert, 1980
- 4) F.W. Grover, "Inductance Calculations", Nostrand, 1946
- 5) Y. Kuraoka, "Heat Analysis and Reduction of Evaporation Rate of Liquid Helium Dewar", Cryogenics, Apr. 1979