

LN₂ 이송용 진공단열 배관의 기체 방출을 측정

최상규, 박두선, 손부룡(대성산소), 김종수(부산 수산대)

1. 서론

최근 초저온 장치에서는 단열 효율과 단열 구조의 중량등을 고려하여 진공단열법의 사용이 일반화되고 있다. 이러한 단열 구조에서는 장기간 10⁻⁴ torr대 이하의 고진공으로 유지시키는 것이 필수적이므로, 실제 장치 제작시 매우 긴 진공 배기 공정이 제작 시간 및 비용 면에서 큰 비중을 차지하고 있다. 저온과 진공용 재료로 많이 이용되는 stainless steel의 기체 방출 특성에 대해서는 비교적 많이 연구가 되어 있으나, 저온용 단열재의 기체 방출 특성에 관한 연구는 매우 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 NRC-2 단열재를 이용한 LN₂ 이송용 진공다층단열 배관을 제작하여, 단열재의 형상 변화에 따른 기체 방출율을 측정하여 배기 특성을 조사 검토하였다.

2. 실험 방법

기체 방출율의 측정은 일반적으로 사용되는 throughput 방법¹⁾을 이용하였으며, 그림 1에 그 기략도를 나타내었다. 측정용 시험 배관은 내관 40A*2t, 외관 100A*3t 길이 1400mm인 국산 상용 SUS304TP-A관을 사용하였고, 시험용 배관은 1) 단열재가 없는 것, 2) 폭 1400mm의 NRC-2를 10층 감은 것 그리고 3) 폭 300mm의 단열재를 나선형으로 10층 감은 것의 3개를 사용하였으며, 실제 LN₂ 이송용 배관에 사용하는 seal-off valve(Cryolab사의 SV-8)를 부착하고, 용기측 진공계에는 고진공용 OFHC Cu gasket을 사용하였다. 또한 측정에 사용한 orifice는 시험용기 1)은 직경 6mm, 시험용기 2), 3)은 직경 10mm의 것을 제작 사용하였고, 이 orifice의 conductance는 다음의 식으로 구하였다.

$$C = 3.64(T/M)^{0.5} A \quad (l/sec) \quad \text{-----}(1)$$

측정에 사용한 배기계는 LN₂ trap, 주진공펌프(550(l/sec) oil diffusion pump), 보조 진공펌프(350(l/min) rotary vane pump)로 구성하였다. 진공계는 Granville-Phillips사의 Ion gauge head(model GP-2ARY)와 controller를 사용하였으며, 이때 gauge의 방사 전류(emission current)는 10mA로 하였다.

용기의 세척은 실제 장치 제작 과정에 준하여 수세, 산세(巨星化學社의 LD-101 용액에 30분간 침적), 수세의 순서로 실시하고, 세척 검사는 ASTM-A310에 준하였으며, 이 모든 과정은 상온에서 실시하였다.

실험은 각 시험 용기에 대해서 baking을 하지 않는 상태와, 배기중 baking을 시킨 경우(내관은 120°C air blow, 외관은 heating tape로 120°C를 유지)에 대해 실시하였으며, 기체 방출율이 10⁻¹⁰ torr l/sec²에 도달하는 시간도 동시에 측정하여 단열재의 형상 변화에 따른 배기 특성을 서로 비교하였다. 측정이 끝난 시험용기는 24시간 이상 대기 방치시킨 후 다시 측정을 하였다.

3. 결과 및 고찰

기체 방출율은 지수 함수적으로 감소하는 것이 확인되었으며, 단열재의 유무에 따라 기울기가 크게 변하는 것을 확인할 수 있었다. 단열재가 없는 경우의 기체 방출율 곡선은 그림 2에 나타내었으며, 21시간 배기 후의 기체 방출율은 5.745*10⁻¹⁰ torr l/sec² 이었다. 또한 단열재의 폭을 줄여서 나선형으로 설치하는 것이 층간의 배기 conductance를 증가시켜 보다 효율적인 진공 배기가 가능하다는 것을 확인하였다.

진공 배기중 baking을 실시하는 것이 요구 기체 방출율의 도달 시간에 어떠한 영향을 미치는가에 대해서도 검토하였으며, 이들의 결과는 직접 논의할 예정이다.

4. 참고 문헌

- (1) R. J. Elsey, *Vacuum*, vol.25, p.299, p.347 (1975)
- (2) A. Roth, *Vacuum Technology*, North-Holland Pub. (1976)
- (3) 谷田和雄, *眞空システム工学*, 養賢堂 (1977)
- (4) J. Santanam, P. Vijendran, *Vacuum*, vol.32, p.487 (1982)
- (5) Makoto Hikita et al, *Trans IECE of Japan*, vol.E63, p.64 (1980)
- (6) 유선일 外, *韓國眞空學會誌*, vol.1, p.1 (1992)

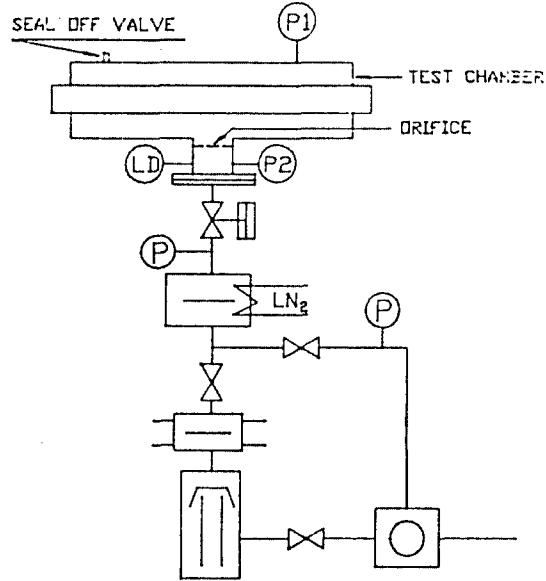


Fig.1 Schematic diagram of experimental set-up.
PLP2Ion gauge, P2Pram gauge, LDHe leak detector

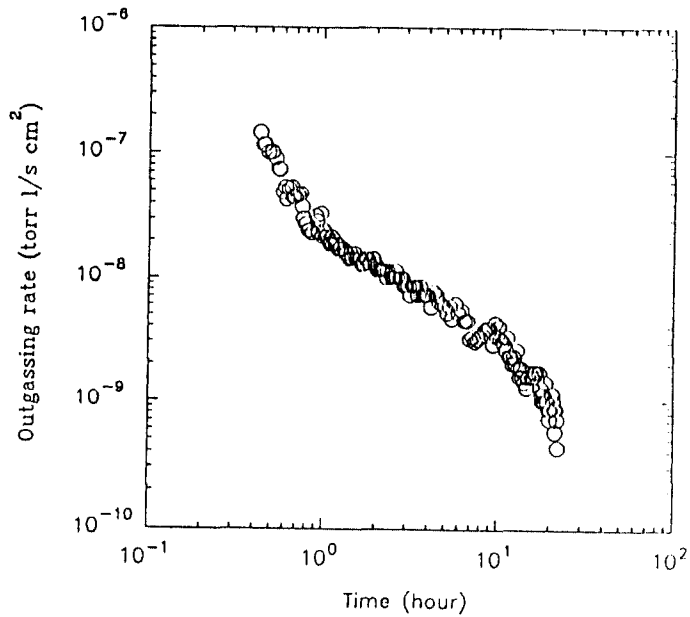


Fig.2 Outgassing rate of test chamber 1