

## Measurement of CN Hole Dimensions for Optimal Design of Cold Neutron Source

Yeong-Garp Cho,<sup>a</sup> Yun-hang Choung,<sup>b</sup> Jung-Hee Lee,<sup>b</sup> Jeong-Soo Ryu,<sup>b</sup> Young-Ki Kim,<sup>b</sup>  
 HANARO Center, Korea Atomic Energy Research Institute  
 150 Deokjin-dong Yuseong-gu Daejeon, 305-353, R.O. KOREA  
 Tel: 82-42-868-8487, E-mail: ygcho@kaeri.re.kr

### 1. 서론

하나로(HANARO)에는 냉중성자 시설의 설치를 위하여 냉중자원 및 각종 계통과 실험설비 등이 설계중이다. 본 연구에서는 CN(Cold Neutron) 공에 설치되는 냉중성자원의 빔 영역에서 경수(light water)의 두께를 최소화하여 냉중성자 효율을 최대화하기 위한 냉중성자원 진공용기의 최적설계를 일환으로 수행한 CN 공의 치수 측정 방법, 결과 및 진공용기 설치개념을 제시한다.

### 2. CN 공의 측정 배경

하나로 CN 공은 반사체 탱크의 영역에 수직으로 준비되어 있는 내경 160mm, 길이 1200mm의 관으로 설계된 수직 조사공이다. 하부에는 중심을 잡기 위한  $\varnothing 42\text{mm}$  중심공이 있고 상부에는 냉중성자원 진공용기를 고정하는  $\varnothing 165\text{mm}$  플랜지가 있다. 제작과정에서 CN 공은 수평 빔튜브와의 용접부분에서 중심방향으로 3mm 정도 찌그러진 모양을 갖게 되었고 하부의 중심공과 상부의 플랜지도 편심된 상태로 제작되었다. 냉중성자원은 수평 빔튜브 용접부(nose)에서의 경수의 두께가 가능한 작도록 설치되어야 높은 효율의 냉중성자를 제공할 수 있다. 따라서, 원자료가 약 10년 운전된 현재 상태에서 CN 공의 내경치수, 직진도, 편심도 등을 측정하여 여기에 설치되는 진공용기의 최적설계와 설치 방법을 강구할 필요가 있다.

### 3. CN 공 측정방법

하나로 CN 공은 수심 12m 아래에 있고 고방사능 지역이므로 측정작업은 수조수를 정상수위로 유지한채 원격으로 수행되었다. 측정센서는 방사능에 의한 전자기적인 오차가 없는 dial gauge를 사용한 기계적인 방법을 택하였다. 측정장치는 LM 가이드에서 수직으로 구동하는 다이얼게이지와 게이지를 수직 이송하는 이송장치, 원주방향으로 회전시키며 고정할 수 있는 등각분할장치 등으로 구성하였다. Figure 1은 측정작업 개념도와 측정장치가 수직관에 설치된 모습의 평면도를 보여주고 있다. 측정은 수직방향 27 지점, 원주방향 24 지점(총 648 지점)에 대하여 측정하였고 측정장치는 측정 정밀도를 위하여 원자로 제작치수를 근거로 정밀하게 제작된 게이지 구동장치를 상부와 하부에서 완전히 고정되어 설치되도록 하여 다이얼게이지 구동축이 흔들리지 않도록 하였다. 12m 수심 아래에 있는 다이얼게이지의 눈금은 소형 수중조명장치와 내방사성 카메라를 이용하여 판독하였다. 측정 작업은 게이지를 한 지점에 두고 아래에서 위로 움직이면서 구동축에서 접촉까지의

거리를 측정하고, 같은 방법으로 원주 방향으로 회전시키면서 측정하였다. 측정된 게이지 값으로부터 게이지 구동축의 직진도, 측정장치의 설치 편심도 등을 보정하여 CN 공의 직경, 직진도 및 편심도 등을 계산하였다.

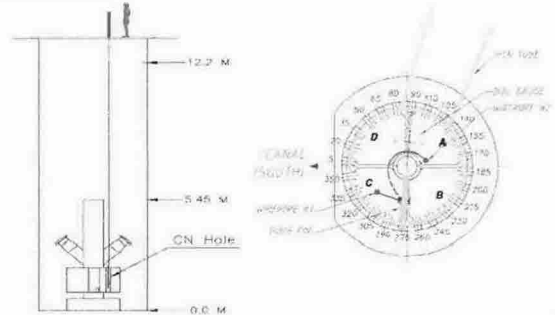


Figure 1. Measurement concept of CN hole dimensions

### 4. 측정결과 및 검증

Figure 2는 내경이 가장 작은 영역인 수평 빔튜브가 용접된 방향과 그 반대편에서의 반경측정 결과를, Figure 3은 수평 빔튜브가 용접된 높이에서의 반경 측정결과와 평면도를 보여주고 있는데 이 결과들은 CN 공의 실제 변형된 모습을 잘 나타내고 있다. 다이얼게이지 측정결과는 구 모양으로 제작된 plug를 삽입시켜 최소직경을 확인한 결과 실제치수보다 직경에서 0.11mm 큰 값을 확인하였고 다이얼게이지 측정오차가 0.055mm 이내로서 충분한 정밀도를 가짐을 검증하였다.

Figure 4는 측정된 반경과 직진도를 이용하여 최대직경의 용기(직경 156.6mm)을 삽입했다고 가정했을 경우에 CN 공과 삽입관 사이의 경수의 두께를 보여주고 있으며 CN 공이 수평 빔튜브 용접부분에서 중심방향으로 가장 많이 변형되어 있는 모습임을 확인할 수 있다.

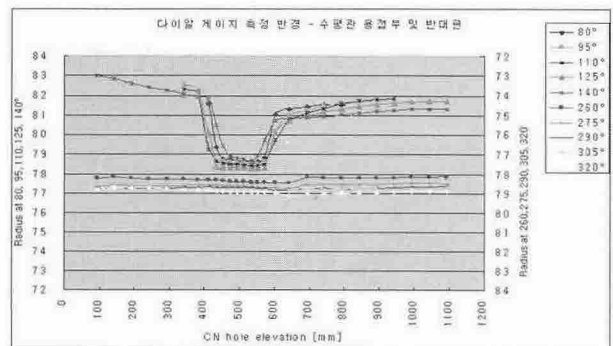


Figure 2. Radius of CN hole around CN beam tube nose - axial view

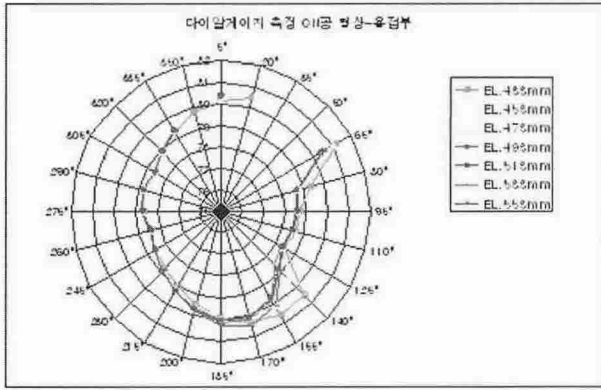


Figure 3. Radius of CN hole around CN beam tube nose – top view

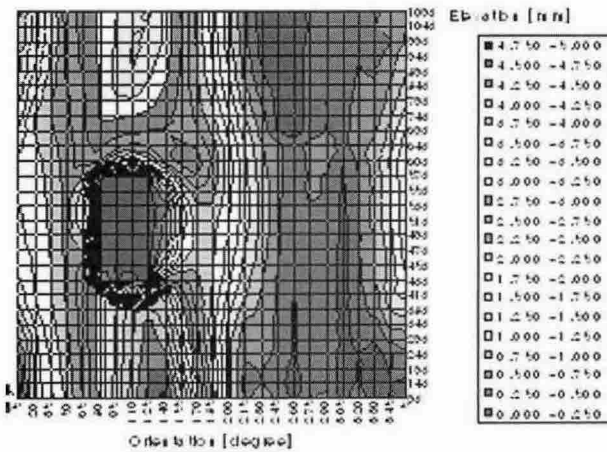


Figure 4. Water gap around a maximum tube (Ø156.6) in CN hole

5. 경수 두께 최소화를 위한 설치방법

Figure 5 는 설치유격을 고려하여 직경 156mm 의 진공용기를 사용하고 CN 빔튜브 쪽으로 편심시켜 삽입했을 경우에 대하여 CN nose 부분에서의 경수의 두께를 보여주고 있는데 전체 영역의 85% 정도가 0-0.25mm, 5%가 0.25-0.5mm, 10%정도가 0.5-1.5mm 의 경수층이 생김을 보여주고 있다. 이 결과는 빔튜브 nose 부분에서 0.5mm 이내로 경수층을 유지하고자 하는 냉중성자원 설계요건의 실현에 문제가 없음을 보여준다.

water gap by Ø156.0 which contacts with CN nose

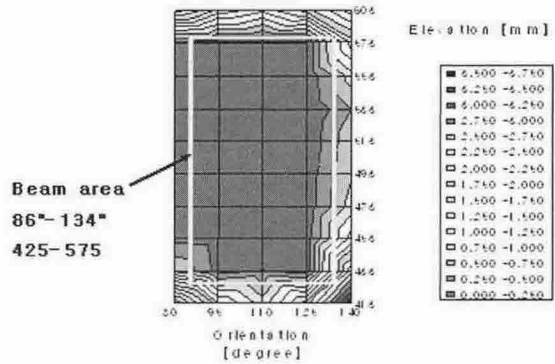


Figure 5. Water gap on CN nose with a proposed vacuum chamber (Ø156.0)

Figure 6 은 CN nose 부분에서의 경수 두께를 최소화하기 위하여 그 부분에서 조금 더 큰 직경을 가진 진공용기를 사용하고 편심 장치를 사용하여 편심시켜 설치하는 개념을 보여주고 있는데 이러한 경우는 Figure 5 와 유사한 경수 두께를 유지하면서 설치유격을 보다 많아 가질 수 있으므로 제작공차 및 설치면에서 보다 용이한 설계를 할 수 있다.

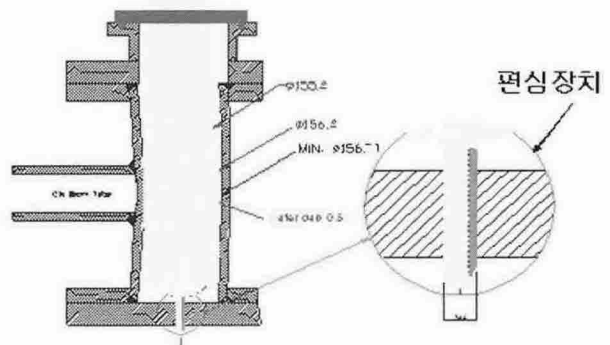


Figure 6. Installation concept of CNS vacuum chamber

6. 결론

- (1) 하나로 냉중성자원의 진공용기 최적설계를 위하여 진공용기가 설치예정인 CN 공의 치수를 다이얼게이지와 플러그를 이용하여 원격으로 측정하였다.
- (2) 치수측정결과 최소직경은 CN 수평 빔튜브 용접부에서 156.71mm 로 나타났다.
- (3) CN nose 부분에서의 경수 두께를 최소화하기 위해서는 제작공차 및 설치의 용이성을 고려하여 수평 빔튜브 영역에서 최대직경 직경 156.2mm 이고 다른 부분에서는 1mm 정도 작은 단차관을 편심시켜 설치하는 것이 바람직하다.