

감마선 영상화 장치용 경량 고효율 차폐체 최적설계에 관한 연구

박강택* · 이남호* · 황영관*

*한국원자력연구원

A study on the optimization of light weight high efficiency shield for gamma-ray imaging detector

Gang-teck Park* · Nam-ho Lee* · Young-gwan Hwang*

*Korea Atomic Energy Research Institute

E-mail : larrypeck@naver.com

요 약

본 논문에서는 감마선원 영상화를 위한 감마선 탐지장치에 적용할 차폐체의 경량, 소형화 연구를 수행하였다. 선행 연구를 통해 상용 감마선 영상화 장치의 차폐체와 유사한 차폐효율 및 성능을 나타내는 납 기반의 차폐체를 구현하였으며, 본 논문에서는 납 기반의 차폐체보다 경량화, 소형화를 위해 텅스텐기반의 차폐체를 설계하였다. 차폐체 설계를 위해서 MCNP 전산모사를 수행하였으며, 그 결과 17%의 경량화 및 51%의 체적을 줄이는 결과를 얻었다.

ABSTRACT

In this study, we perform the weight reduction and miniaturization of the shielding element that is applied for gamma-ray detectors for imaging of gamma-ray source. Through previous studies, we implemented a lead-based shielding element that represents the shielding effectiveness and performance of commercially available gamma-ray imaging apparatus similar to the shielding body. In this paper, we designed a tungsten-based shield for weight reduction and miniaturization than lead-based shield. We performed the MCNP simulation for shield design and then we obtained the results of reducing the weight of the 17% and 51% of the volume.

키워드

감마선 탐지 장치, 차폐체, MCNP, 텅스텐

I. 서 론

원전의 수요가 증가함에 따라 원전사고에 대한 우려와 관심도 증가하고 있으며, 노후원전이 발생하며 제염해체에 대한 관련기술도 발전하고 있다. 원전사고 발생 및 제염해체 시 가장 필요한 정보는 방사선원에 대한 분포 및 세기 등에 관한 정보이다. 이를 얻기 위해 미국, 영국 등 선진국을 중심으로 다양한 종류의 감마카메라 들이 개발되었으며 상용화 되었다. 선행연구에서는 상용화된 감마선 탐지장치의 차폐체를 보다 경량, 고효율화하기 위해 납 기반의 차폐체를 설계, 제작 후 감마선 조사시험을 통해 그 성능을 확인하였다.

본 논문에서는 납기반의 차폐체에 대하여 탐지

성능 및 차폐효율을 고려하여 경량화 및 소형화를 위해 텅스텐 기반의 차폐체를 설계하였다. 설계를 위하여 MCNP 전산모사를 수행하였으며, 기존 Pb 차폐체와 동일한 환경을 모사한 후 차폐성능 및 효율을 분석하였다.[1-2]

II. 차폐체 소형 경량화

선행 연구를 통해 상용 감마선 탐지장치인 Radscan 장치의 차폐체 및 콜리메이터를 기반으로 성능 및 차폐효율을 고려한 납 기반의 차폐체를 설계, 제작을 통해 감마선 카메라를 위한 소형, 경량 차폐체를 구현하였다. 그림 1은 Pb기반

의 차폐체를 나타낸다. 스캔형 감마선 탐지장치는 모션 제어장치를 통해 검출기 헤드가 회전하며 감마선 영상을 취득하는 구조이며 조사구와 일치하는 공간에서만 방사선이 취득되고, 그 외 영역에서는 감마선이 차폐되어야만 한다. 감마선 탐지장치의 소형화, 경량화 및 기구적인 안정성을 높이기 위해서는 검출기 차폐체의 차폐효율을 넓은 영역에 대해 고르게 유지하며 그 전체 체적(크기)을 작게 하여 기구부의 회전 반경을 줄임으로써 장치의 안정성을 향상시킬 수 있다. 이를 위해 차폐체의 재질을 텅스텐으로 변경하고, 기존의 납 차폐체의 성능을 유지할 수 있도록 구조를 재설계하여 전산 모사를 수행하였다.

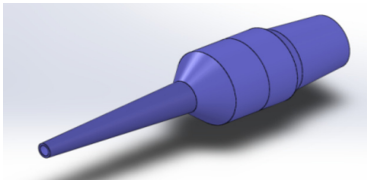


그림 1. 납기반 차폐체

III. 텅스텐 차폐체 MCNP 시뮬레이션

그림 2는 MCNP 수행을 위해 텅스텐을 기반으로 하여 차폐체의 형상을 모델링한 것이다. 기존 납 차폐체의 크기는 길이 305mm, 가장 굵은 몸통의 직경은 70mm의 크기를 갖으며 무게는 4.58kg이다. 재질을 텅스텐으로 변경하며 0° ~ 20° 영역에서 90% 이상의 차폐율을 유지하고, 20° ~ 90°에서는 차폐율 80% 이상을 유지하도록 형상을 설계하였다.

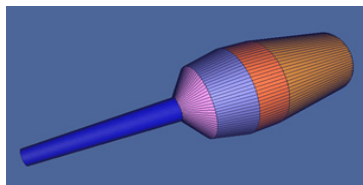


그림 2. 납기반 차폐체

그림 2 형상은 길이가 194mm이며, 최대 직경은 6.1mm이고, 무게는 3.78로 설계되었다.

이러한 설계결과는 MCNP를 통해 감마선원을 설정하고 중심부에 위치한 검출센서 영역에 도달하는 선량을 기준으로 차폐체에 대한 두께별 분석을 통해 산출 하였다. 그림 3에 나타난 것은 Cs-137 선원을 기준으로 200mSv/h의 선량조건에 해당하는 위치에 검출센서 및 차폐체를 설정하여 MCNP 전산모수 틀을 이용하여 연산한 결과를 나타낸다. 결과에서 나타난 것처럼 입사구인 0° 영역에서는 납과 차폐체 모두 최대 선량을 받아들이는 것이며, 50°이내에는 90%의 차폐성능을

보이며, 50° ~ 90° 이내에서 80%의 차폐성능을 나타낸다. 또한 탐지 분해능을 결정하는 입사구의 입사각은 두 종의 차폐체 모두 2.2°로 나타남을 확인하였다.

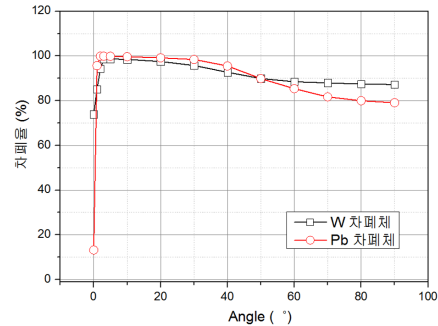


그림 3. MCNP를 이용한 차폐체 전산모사 결과

IV. 결 론

본 논문에서는 감마선 탐지장치에 적용할 차폐체의 경량, 소형화 연구를 수행하였다. 상용 차폐체보다 개선된 납 기반의 차폐체의 성능을 기준으로 재질을 텅스텐으로 변경하고 차폐율을 고려하여 구조를 변경하였다. 설계를 위해서 MCNP 전산모사를 반복적으로 수행하였고, 그 결과 최대 직경 6.1mm, 길이 194mm의 텅스텐 차폐체 구조를 도출하였다. 기존의 납 차폐체와 비교할 때, 중량은 약 17% 경량화 되었으며, 51%의 체적감소를 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 국방과학연구소의 민군협력진흥원(민군기술협력센터)의 지원을 받아 수행된 연구임

참고문헌

[1] K. A. Hughes and J. A. Lightfoot, "Radscan 600—a portable instrument for the remote imaging of gamma contamination: Its design and use in aiding decommissioning strategy," in Proc. IEEE Nucl. Sci.Symp. Conf. Rec., vol. 2, pp. 930 - 933, 1996.

[2] Y. G. Hwang, N. H. Lee, S. H. Park, S. H. Jeong, J. R. Kim, "The Analysis of the Collimator & Radiation Shield for Radiation sensor for the 3Dimension Radiation Detection" in Conference of KIICE, Vol 18, No 1, 2014.