

고방사성 오염도 원격 측정용 센서 제조 및 1차원 레이저를 이용한 제어기술 개발

이보람, 서범경, 이근우

한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045

brlee@kaeri.re.kr

1. 서론

사용후핵연료 취급시설이나 원자로 압력용기 내부와 같은 고방사성 시설을 해체하기 위해서는 사전에 방사선학적인 특성 평가를 수행해야 한다. 특히, 이러한 시설들은 지역이 좁고 높은 방사선량으로 인하여 작업자의 접근이 제한적이어서 측정이 어려울 수밖에 없다. 이러한 고방사능 환경에서 방사선과의 상호작용에 의하여 빛이 발생하는 섬광체와 그 빛을 원거리로 전송할 수 있는 광섬유를 이용하여 원격으로 오염도를 측정하기 위한 연구들이 활발하게 진행되고 있다.

광섬유는 오염도 측정용 센서 부분을 소형화시킬 수 있어서 직접 측정을 하기 힘든 협소한 곳의 측정을 가능하게 하며, 광전도성과 비교적 저렴하다는 장점을 이용하여 원자력 분야의 방사선 계측방법으로도 널리 이용되고 있다[1]. 또한, 센서 제조 시에 기존의 열증합 반응이 아닌 투명 에폭시 수지를 이용하여 제조하는 방법이 최근 이용되고 있으며, 투명한 에폭시 수지는 경화에 있어 반응수축이 작고, 휘발성이 없으며 가공성이 좋고 열에 대한 저항성이 우수한 장점으로 광섬유와 결합하여 제조하기가 쉽기 때문에 검출소재의 지지체로서 우수한 성질을 가진다.

본 연구에서는 광섬유 일체형 섬광체를 직접 제조하여 측정이 어려운 고방사성 시설의 오염도를 원격으로 직접 측정할 수 있는 센서를 제조하였다. 또한, 원격으로 측정 시의 효율에 가장 영향을 미칠 수 있는 측정 대상과 센서의 거리를 제어하기 위하여 1차원 레이저를 이용하여 항상 일정한 간격으로 유지할 수 있는 제어장치를 적용하여 시험하였다.

2. 본론

2.1 광섬유 일체형 오염도 측정 센서 제조

베타선 오염도 측정용 센서는 투명한 에폭시 수지에 유기섬광체를 혼합한 후에 신호전송용 플라스틱 광섬유를 적용하여 고형화함으로써 일체

형으로 제조하였다. 지지체용 에폭시는 투명 에폭시 수지(YD-128, 국도화학)에 경화 촉진제(D-230)를 3 : 1의 일정한 비율로 섞고, 유기섬광체를 혼합하여 제조하였다. 베타선 측정용 유기섬광체로 제 1 용질인 PPO, wave shifter인 제 2 용질로는 POPOP를 사용하였다.

또한, 알파선을 측정하기 위한 섬광체는 베타선 측정용 에폭시 소재 유기섬광체의 전면에 알파선 검출능력이 우수한 무기섬광체인 ZnS(Ag)를 얇게 도포하여 제조하였다. 알파선 검출용 ZnS(Ag)는 분말 형태로 알파선의 에너지를 충분히 흡수하고 섬광을 광섬유로 전송하려면 최적의 두께를 결정하여야 하며, 본 연구에서는 기존의 연구에서 도출한 ZnS(Ag) 섬광체 두께인 15 mg/cm^2 를 적용하였다[2].

Fig. 1은 알파선과 베타선을 동시에 측정하여 광섬유를 통하여 원거리 신호전송이 가능한 오염도 원격 측정용 센서를 나타낸 것이다. 투명 에폭시 지지체에 신호 전송용 광섬유와 백그라운드 소거용 광섬유를 이중으로 배치하고 그 위에 베타선 측정용 유기섬광체와 알파선 검출용 ZnS(Ag) 섬광체를 이중으로 배치하여 제조하였다.

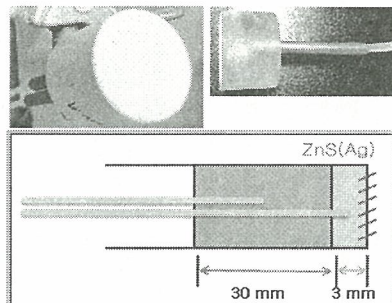


Fig. 1. The one-body sensor for the simultaneous measurement of the alpha and beta particles.

2.2 오염도 원격 측정 제어기술 개발

알파선과 베타선을 원거리에서 정밀하게 측정하기 위해서는 측정 대상과 센서를 일정한 거리

로 유지하여 측정하여야 한다. 본 연구에서는 측정용 센서를 정밀하게 제어하기 위하여 table 1과 같이 접촉식과 비접촉식 제어 방법을 상호 비교하여, 오염도 측정 센서의 위치제어 방식으로 레이저 거리 측정 센서를 이용한 제어방식을 선정하였다.

Table 1. Comparison of the position control method for radiation measurement

항목	접촉식 센서	비 접촉식	
		초음파 센서	1D 레이저 센서
내구성	좋음	좋음	좋음
가격	저렴	저렴	고가
측정거리	-	0.1 ~ 20 m	0.01 ~ 1,000 mm
정밀도	± 1 mm	측정거리의 1%	± 0.01 mm
방사선 환경 적용성	적용가능	적용가능	적용가능

Fig. 2는 1D 레이저를 장착하여 원격으로 오염도 측정용 센서를 제어하기 위하여 제작한 측정용 probe의 개념도와 이를 제작하여 핫셀용 매뉴플레이터의 gripper에 장착한 모습이다.

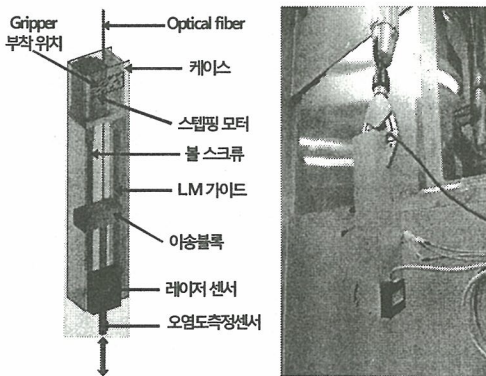


Fig. 2. The remote position control unit using 1D laser sensor and its application test in the hotcell.

원격 제어용 장치는 1D 레이저에서 측정된 거리 정보를 실시간으로 확인할 수 있으며, 오염도 측정센서의 이송속도를 1 ~ 5단계로 변경이 가

능하다. 또한 조그 모드창을 이용하여 오염도 측정센서의 위치를 사용자가 직접 이동이 가능하며 off-set 거리 설정창을 통해 오염도 측정센서와 대상물 사이의 제어 거리를 원하는 거리만큼 조절이 가능하도록 프로그램 하였다.

3. 결론

알파선과 베타선을 동시에 측정을 하기 위해서 광섬유 일체형 센서를 개발하고, 원거리에서 일정한 간격을 유지하면서 오염도를 측정할 수 있는 제어 장치를 제작하여 적용하였다. 제조한 검출소재와 오염도 원격 측정용 제어장치를 결합하여 원격 취급용 매뉴플레이터에 적용하여 시험하여 고방사성 시설의 오염도 원격 측정 가능성을 확인하였다.

4. 참고문헌

- [1] K. Sakasai and M. Katagiri, "In-situ ex-core monitoring using optical fibers with scintillators", IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. 50, No. 4, August (2003).
- [2] 서범경, 이보람, 이근우, "해체 폐기물 오염도 측정용 phoswich 검출기의 기하학적 조건별 검출 특성 모사 및 성능 평가", 한국방사성폐기물학회, 2010 추계 학술발표회 논문요약집, pp. 47-48, 2010.