

세관 내부 알파선 오염도 원격 측정용 검출 센서 제조 및 특성 평가

서 범 경 · 이 보 람 · 이 근 우

한국원자력연구원

E-mail : bumja@kaeri.re.kr

중심어 : 알파선, ZnS(Ag), 세관 내부, 광섬유, 원격 측정

서 론

원자력시설의 개선·보수 및 해체 시에는 다양한 형태의 폐기물이 발생된다. 이들 폐기물을 안전하게 관리하기 위해서는 정확한 방사선학적인 오염도 측정이 요구된다. 특히 배관 내부와 같이 알파선과 베타선의 오염도를 외부에서 직접 측정할 수 없는 경우에는 직접 시료를 채취하여 측정하거나 배관 내부로 검출기를 이송하여 측정하는 방법이 이용될 수 있다.

배관 내부와 같은 좁은 지역에서의 알파선과 베타선의 오염도를 원격으로 측정하기 위한 검출기를 개발하여 적용성을 시험하였다[1]. 그러나, 이러한 측정 방법도 배관의 직경이 20 mm 이하인 세관의 경우에는 적용할 수 없는 단점이 있다. 왜냐하면, 섬광체에서 섬광을 전기 신호로 변환시키는 광전자증배관의 직경이 크기에 의존할 수 없기 때문이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 방사선 검출용 센서와 광 신호를 전기신호를 변환시키는 광전자증배관을 분리함으로써 해결할 수 있다. 이러한 목적에 가장 적합한 것이 바로 플라스틱 광섬유이다.

최근에 활발하게 이용되고 있는 플라스틱 광섬유는 우수한 유연성, 취급의 용이함, 넓은 주파수 대역폭, 가볍고 긴 길이, 그리고 전자기적인 방해가 작기 때문에 이상적인 신호전송용 수단으로 각광을 받고 있다. 이러한 광섬유를 이용하여 섬광 센서와 결합하여 공간선량을 원격으로 측정할 수 있는 검출 소재를 개발하여 성능을 시험하기도 하였다[2].

본 연구에서는 세관 내부의 알파선 오염도 원격 측

정이 가능한 소형의 센서를 개발하기 위하여 알파선 검출이 가능한 무기섬광체를 에폭시 수지와 혼합하여 고형화하여 섬광층을 제조하고, 그 위에 투명 에폭시 수지를 첨가하여 고형화되기 전에 플라스틱 광섬유를 삽입하여 고형화함으로써 방사선 측정 및 신호 전송이 가능한 일체형 센서를 제조하였다.

재료 및 방법

광섬유 및 섬광층의 지지체는 투명 에폭시 수지(YD-128, 국도화학)와 경화촉진제(D-230, 국도화학)를 이용하여 batch 당 에폭시 수지(50 g)에 대하여 경화제(5 ~ 20 g)의 양을 변화시키며 지지체를 제조하였다. 광도관으로서의 투명도는 가시광선 영역에서의 투과도를 측정하였으며, 방사성 오염도 측정 시에 잡음으로 작용할 수 있는 에폭시 지지체에서의 가시광선 영역에서의 발광 특성을 평가하였다.

세관 내부의 알파선에 대한 오염도를 측정하기 위하여 알파선에 대한 섬광 효율이 우수하고 투명한 에폭시와 혼합하여 얇게 도포하여 제조가 가능한 분말 형태의 ZnS(Ag) 섬광체를 선정하였다. 알파선 검출이 가능한 섬광층은 알파선 계측용 무기섬광체 ZnS(Ag)와 접착용 에폭시 수지를 이용하여 제조하였다. 분말 형태의 ZnS(Ag)를 에폭시 수지 혼합물에 용이하게 도포하기 위하여, 1차로 ZnS(Ag)에 에폭시 수지와 경화제를 5:1로 소량 혼합하여 고형시킨 후, 2차로 고형화된 1차 소재 위에 에폭시 수지 혼합물을 그대로 붓고, 경화시켰다.

세관 내부의 오염도를 원격으로 측정하기 위한 검출 센서는 원거리 신호전송용 플라스틱 광섬유와 지지체 역할의 에폭시 수지를 일체형으로 결합하여 제작하였다. 에폭시 수지 등으로 제조된 혼합물이 고형화되기 전에 광섬유를 삽입하여 24 시간동안 상온에서 경화시켜 일체형으로 제조하였으며, 광섬유의 기하학적인 조건 변화(직경, 길이, 삽입 깊이, 다발형 등)에 따른 신호 전송 특성을 평가하였다.

결과 및 고찰

방사선과의 상호작용에 의하여 생성된 섬광을 광계수기로 측정하기 위해서는 광도관으로서의 지지체의 투과도가 중요한 요소이다. 알파선 오염도 검출용 소재의 ZnS(Ag) 섬광체는 방사선과의 상호작용에 의하여 400 ~ 450 nm 영역의 가시광선을 방출하기 때문에 지지체인 에폭시 수지와 경화제의 함량 변화에 따른 가시광선 영역에서의 투과도를 측정하였다. 제조한 지지체의 투과도는 Fig. 1과 같으며, 에폭시 경화제의 함량이 증가할수록 투과도는 감소하는 경향을 보인다. 그림에서 함량 증가에 따른 투과도의 편차는 제작한 센서의 표면 처리 정도의 차이로 판단되며, 전체적인 경향은 감소하는 것을 알 수 있다.

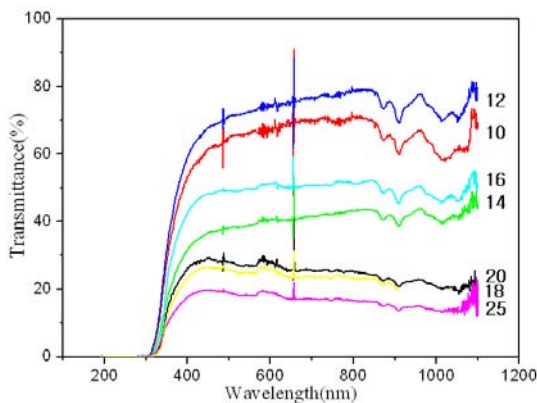


Fig. 1. The transmission rate of the epoxy support in the visible light range.

알파선 검출에 적합한 섬광층을 결정하기 위하여, 섬광층의 두께를 변화시키면서 제조한 섬광체의 면밀

도별 고유검출효율을 측정하였다. ZnS(Ag) 섬광층의 면밀도가 15 mg/cm² 일 때 가장 우수한 알파선 검출 성능을 나타냈다(Fig. 2).

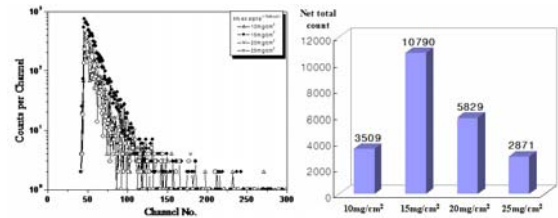


Fig. 2. The pulse height spectrum of the alpha particles in the ZnS(Ag) thin layer and the comparison of the total counts with variation of the ZnS(Ag) layer surface density.

결론

원자력시설 개선·보수 및 해체 시에 발생하는 직경이 작은 세관의 내부 알파선 오염도를 원격으로 측정할 수 있는 소형의 ZnS(Ag) 섬광체 센서를 제조하여 성능을 평가하였다. 알파선 검출용 ZnS(Ag) 섬광층은 면밀도가 15 mg/cm²인 경우 가장 우수한 알파선 검출 성능을 보였다.

또한, 세관 내부의 오염도를 직접 측정하기 위하여 센서와 신호 변환용 광전자증배관을 분리하기 위하여 원거리 신호전송이 가능한 섬광체-광섬유 일체형의 센서를 제조하여 원거리 신호 전송 성능을 평가하여 적용성을 확인하였다. 이를 통하여 원자력시설의 오염도 측정 시에 세관 내부의 오염도를 안전하게 원격으로 측정할 수 있는 센서 제조 기술을 확보하였다.

참고 문헌

1. 김계홍, 박찬희, 이근우, 정중헌, 서범경, “알파/베타선 동시측정용 phoswich 검출기”, 방사성폐기물학회지 6(2), pp. 111-117, 2008.
2. 박찬희, 서범경, 이동규, 이근우, “투명 에폭시와 광섬유를 이용한 방사선 측정용 유기섬광체 센서 개발”, 방사성폐기물학회지 7(2), pp. 87-92, 2009.