

해체 폐기물의 오염도 원격측정용 유기섬광체 센서 제조 및 특성 평가

박관희, 서범경, 이근우, 이동규, 정중현

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

chpark80@kaeri.re.kr

현재 연구용 원자로 1,2호기 및 우라늄변환시설의 해체과정에서 발생하는 다양한 폐기물의 오염도 측정과 관리를 위하여 보다 안전한 방사선학적인 측정 및 평가가 필요하다. 이미 해체 폐기물의 오염도를 평가하기 위해 국내·외에서 다양한 측정기술을 개발하고 있으며, 특히 국내에서는 배관 내부의 오염도를 직접 측정하기 위하여 원격 측정장비를 개발하여 해체 현장에서의 적용시험을 수행하였다. 이들 측정장비는 섬광체를 이용하여 각각의 오염도 특성에 적합하도록 검출기를 제작하였다. 그러나 이들 섬광체들은 광전자증배관(photomultiplier tube, PMT)과 결합하여 사용을 하여야 하는데, 현재까지 소형(직경 10 mm 이하)으로 적용 가능한 PMT는 없기 때문에 국소 지역의 오염도 측정용으로는 적합하지 않다. 이러한 이유로 섬광체와 광섬유를 결합하여 소형의 센서를 제조하고 발생된 신호를 원격으로 전송하여 PMT로 측정하고자 하는 연구가 현재 진행되고 있다. 본 연구에서도 에폭시 수지와 유기섬광체를 이용하여 검출소재를 제조하고, 광섬유와 결합하여 신호를 원격으로 전송할 수 있는 센서를 제조하고 그 특성을 평가하였다.

섬광체 재료로 쓰인 YD-128은 국도화학제품으로 Bisphenol-A와 에피클로로히드린을 알카리 존재 하에서 반응시킨 비교적 저분자량으로 상온에서 액상 상태인 에폭시 수지이다. YD-128은 제조시 polyamide, aromatic polyamine, aliphatic polyamine, anhydride compound와 같은 다양한 경화제들과 함께 경화된 후, 희석액과 그 외의 첨가물질을 혼합하여 액체 상태의 에폭시 수지로 형성된다. YD-128은 점착력과 화학적 내구성, 열에 대한 저항성이 우수한 장점으로 여러 분야에서 응용되고 있다.

본 연구에서는 YD-128에 에폭사이드 그룹을 제화 시킬 수 있는 범용 물질로 접착제 등의 주 원료가 되는 합성수지인 PG-207(국도화학)과 이와 복합적으로 쓰이는 경화제의 일종인 D-230(국도화학) 화합물을 일정 비율로 섞고, 유기섬광체를 혼합하여 제조하는 형태이다. 그림 1은 유기섬광물질을 이용하여 섬광검출소재를 제조하는 과정이다. YD-128에 PG-207P, D-230을 다섯 가지 조건으로 배합하여 상온에 24시간 보관하였는데, 경도가 우수한 조건을 기준으로 에폭시 혼합물에 유기섬광물질을 첨가하였다.

섬광체로는 베타선 측정이 가능한 2가지 용질을 첨가하였는데, 에폭시 제조물 중 가장 점성이 낮은 D-230을 용매로 하여 제1용질로는 2,5-diphenyloxazde(PPO)를 그리고 wave shifter인 제2용질은 1,4-bis[5-phenyl-2-oxazol]benzene(POPOP)를 첨가하였다.

제조된 섬광체는 PMT(Hamamatsu. head-on type : R1924A)와 같은 직경 26mm, 두께 26mm인 디스크 형태로 제작되고 polishing하여 PMT와 연결하였다. 섬광체를 PMT에 부착 시 생기는 공기층을 없애기 위해 optical grease를 활용하여 연결하였다.

제조된 섬광체는 ^{137}Cs 감마선원에 적용하여 출력되는 펄스 파고 스펙트럼을 분석하였고, 유기섬광물질인 PPO와 POPOP의 농도가 발생신호에 미치는 영향을 알아보기 위하여 각각의 농도를 변화시키며 측정하였다. 제조된 섬광체의 방사선 검출 성능을 정확히 평가하고, 실제 적용 가능성을 평가하기 위하여 상용화된 플라스틱 섬광체인 BC-408(Bicron)과 비교하였다.

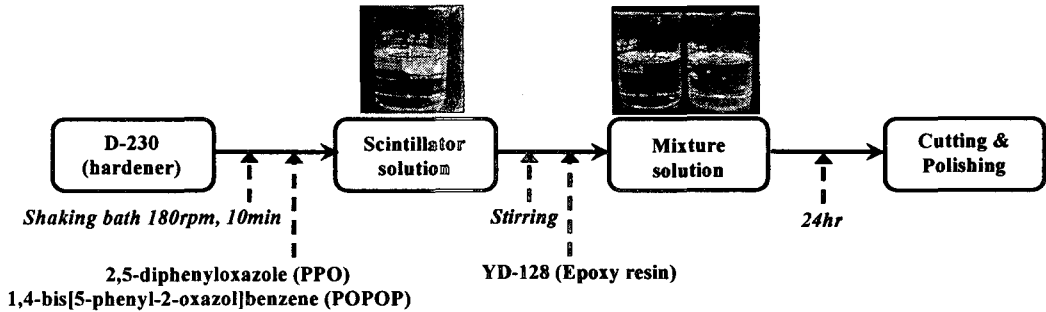


그림 1. 오염도 측정용 유기섬광체 센서 제조 과정

또한, 섬광체와 방사선의 상호작용에 의하여 생성된 신호를 원격으로 전송하기 위하여 광섬유를 이용하였다. 제조한 섬광검출소재와 광섬유는 기존의 connector를 이용하여 결합하여 PMT로 신호를 전송할 수 있도록 하였다. 그러나, 이러한 방법은 접합면에서의 광손실과 같은 문제점이 생길 수 있기 때문에, 본 연구에서는 에폭시 수지에 유기섬광체를 첨가하여 경화되기 전에 광섬유를 에폭시 수지 내부에 박아서 고형화하여, 검출소재와 광섬유를 일체형으로 제조하였다.

전송용 광섬유는 고순도 아크릴 레진(PMMA:Polymethylmethacrylate)으로 된 core와 특수 불소 폴리머(F-PMMA:Fluorine Polymethyl methacrylate)로 만들어진 cladding으로 구성된 플라스틱 광섬유를 사용하였다. 광섬유의 끝단과 함께 고형화된 검출소재로부터 발생된 광신호는 광섬유를 통하여 PMT로 전송되고, 전기적신호로 변환된 광신호는 MCA(Multi Channel Analyzer)에 의해 측정, 분석된다.

본 연구에서는 소형의 섬광검출소재와 광섬유를 일체형으로 제작하여 원격으로 배관 내부와 같은 국소 지역의 오염도 측정을 제어할 수 있는 검출기를 개발, 이에 적합한 검출 성능을 확인하였다. 또한 작업자의 안전성 확보 및 작업 시간을 단축할 수 있는 원격장치개발의 가능성도 확인하였다.