

## 에폭시 수지를 이용한 방사선 측정 및 검출 신호전송용 센서 제조에 대한 연구

박찬희, 서범경, 이근우, 이동규, 정종현

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045(덕진동 150)

[chpark80@kaeri.re.kr](mailto:chpark80@kaeri.re.kr)

연구용 원자로 1,2호기 및 우라늄변환시설의 해체 사업이 진행되고 있는 현재, 해체 작업 중 발생하는 폐기물의 오염도 측정과 안전성 관리를 위하여 보다 효과적인 방사선학적 측정 및 평가가 필요하다. 해체 폐기물의 오염도를 평가하기 위해 국내·외에선 이미 다양한 측정기술을 개발하고 있으며, 특히 국내에서는 협소하고 측정이 어려운 지역의 오염도를 직접 측정하기 위하여 원격 측정 기술을 개발하였고, 해체 현장에서 적용 시험을 수행하였다. 이는 각 오염도 특성에 맞게 적합한 섬광체를 적용하여 검출기를 제작 및 측정하는 기술이다. 이 기술은 섬광체와 광전자증배관 (photomultiplier tube, PMT)을 결합하여 측정하는 것인데, 현재까지는 소형으로 적용할 수 있는 PMT가 없기 때문에 국소지역의 오염도 측정용으로는 적합하지 않다.

현재 이런 문제를 보완하기 위하여 섬광체와 광섬유를 결합시켜 소형의 센서로 제조한 후, 센서 내에서 발생한 신호를 원격으로 전송하여 PMT로 측정하는 연구가 진행되고 있다. 생성된 신호를 원격으로 전송하기 위하여 광섬유를 이용하였는데, 이미 국내에서는 상용화된 플라스틱 섬광체와 유리광섬유를 이용한 오염도 측정 및 특성을 평가하여 원격 검출 장치로서의 가능성을 확인한 바 있다. 또한 에폭시 수지와 유기섬광체를 이용하여 검출소재를 직접 제조하고, 광섬유와 결합하여 신호를 전송하는 기술을 개발하였다. 제조된 섬광검출소재와 광섬유는 일반적인 FC connector를 이용하여 결합되었는데, 이 방법에서 검출소재와 광섬유사이의 접합면에서의 광 손실 및 접촉 불량 등으로 인한 문제점이 노출되었다.

본 연구에서는 에폭시 수지에 유기섬광체를 첨가하여 경화되기 전에 광섬유를 에폭시 수지 내부에 박아서 고형화하여, 검출소재와 광섬유를 일체형으로 제조하였다. 섬광체 재료로 쓰인 에폭시 수지(YD-128)는 국도화학제품으로 Bisphenol-A와 에피클로로히드린을 알카리 존재 하에서 반응시킨 비교적 저분자량으로 상온에서 액상 상태이다. 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. 에폭시 수지는 점착력과 화학적 내구성, 열에 대한 저항성이 우수한 장점으로 여러 분야에서 응용되고 있다.

본 연구에서는 에폭시 수지(YD-128)에 에폭시 수지의 점도 감소 및 가소성을 부여하는 반응성 희석제인 PG-207(국도화학)과 도료 및 일반 몰딩용으로 쓰이는 경화촉진제 D-230(국도화학)를 일정 비율로 섞고, 유기섬광체를 혼합하여 제조하였다. 섬광체로는 베타선 측정이 가능한 2가지 용질을 첨가하였는데, 제1용질로는 2,5-diphenyloxazde(PPO)를 그리고 wave shifter인 제2용질로는 1,4-bis[5-phenyl-2-oxazol]benzene(POPOP)를 첨가하였다. 제조된 섬광검출소재의 투명도와 경도, 경화되는 속도, 지지체와의 분리 용이 등에 따른 에폭시 지지체를 선정하였는데, polyethylene 재질의 bottle을 이용하였다.

전송용 광섬유로는 플라스틱 광섬유를 선정하였는데, 이는 유리광섬유보다 광학적인 특성과 가공성이 우수하고, 단면적 대비 core의 비율이 매우 커서 빛 전달 효율이 매우 높은 장점을 가지고 있다. 본 연구에 사용된 전송용 광섬유는 Edmund optics사의 플라스틱 광섬유로써 고순도 아크릴 레진(PMMA:Polymethylmethacrylate)으로 된 core와 특수 불소 폴리머(F-PMMA:Fluorine Polymethyl methacrylate)로 만들어진 cladding으로 구성되어있다. Table 1은 전송용 광섬유의 일반적인 특성을 나타내고 있다. 중심을 잡기 위해 직경 4mm인 소형 pipe에 광섬유를 고정시키고 삽입될 광섬유 단면을 polishing한 후, 제조물이 혼합된 직후 박아 넣고 상온에 24시간 보관하여 고형화시켰다. Fig. 1은 섬광검출소재의 제조과정을 나타내고 있다. 광섬유의 끝단과 함께 고형화

된 검출소재로부터 발생된 광신호는 광섬유를 통하여 PMT(Hamamatsu, head-on type : R1924A)로 전송되고, 전기적신호로 변환된 광신호는 MCA(Multi Channel Analyzer)에 의해 측정, 분석된다.

Table 1. Physical properties of the optical fibers

Core Refractive Index( $n_1$ )	1.490
Clad Refractive Inde( $n_2$ )	1.402
Numerical Aperture( $(n_1^2 - n_2^2)^{1/2}$ )	0.50
Max. Attenuation(dB/m)	0.20
Acceptance Angle( $2\sin^{-1}$ [N.A.])	60°
Operating Temperature	-55°C to +70°C
Minimum Radius of Bend	75

전송용 광섬유와 일체형으로 제조된 섬광체는  $^{137}\text{Cs}$  감마선원과  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$  베타선원에 적용하여 출력되는 펄스 파고 스펙트럼을 분석하였고, 고형화된 검출소재와 광섬유간의 신호전송량을 측정하기 위하여 에폭시 검출소재 밑단으로부터 5, 15, 25mm씩 차이를 두고 광섬유를 고정시켜 차이를 분석, 평가하였다.

본 연구에서는 소형의 섬광검출소재와 광섬유를 일체형으로 제작하여 협소하고 측정이 까다로운 지역의 방사선 오염도를 원격으로 측정할 수 있는 검출기를 개발하였고, 이에 적합한 검출 성능을 확인하였다. 또한 작업자의 안전성 확보 및 작업 시간을 단축할 수 있는 원격장치개발의 가능성도 확인하였다.

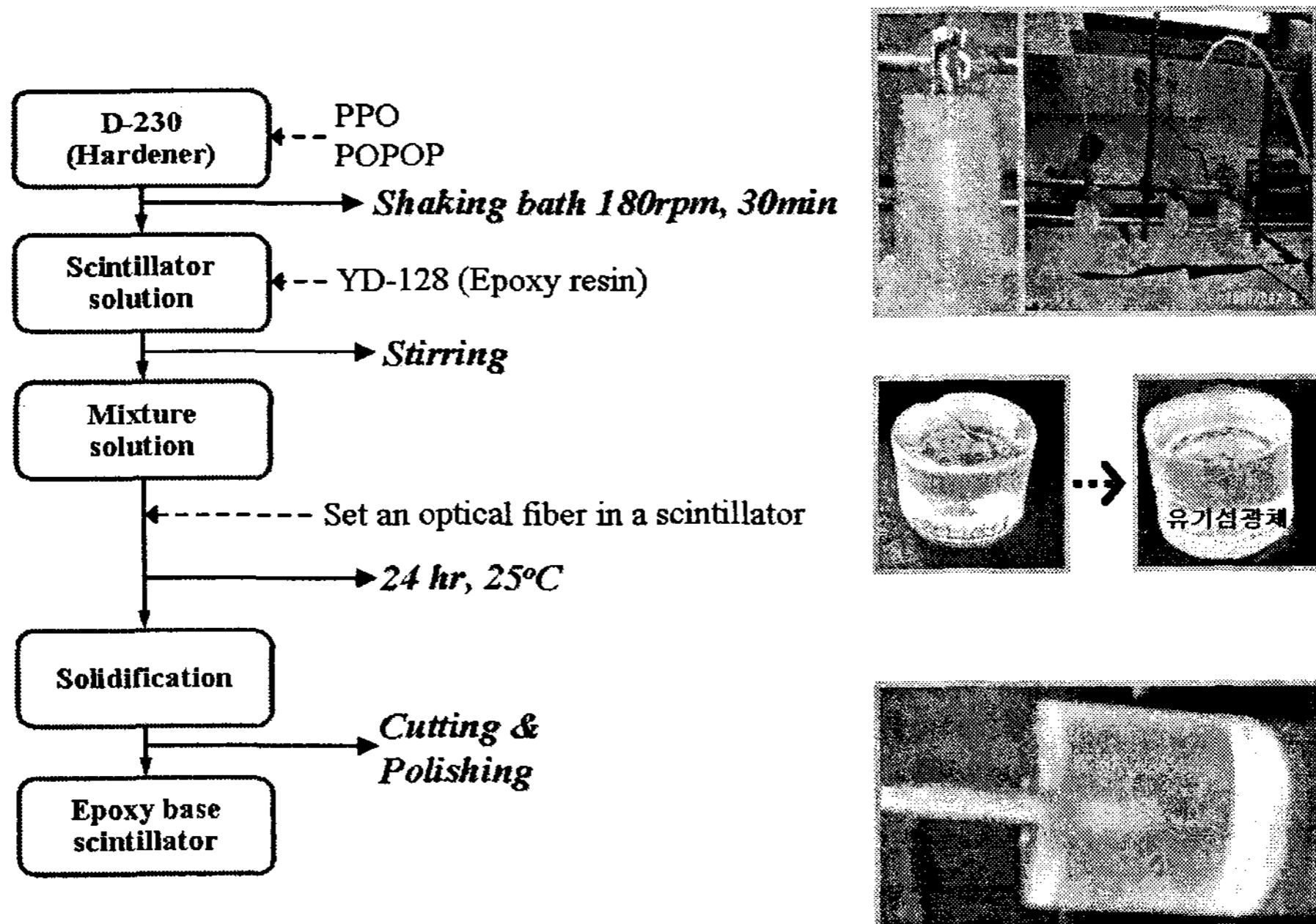


Fig. 1. Preparation procedure of plastic scintillator sensor.