

# 중성자흡수법에 의한 경수로랭각재의 붕소농도측정

리계룡, 조인형, 리철학

가압경수원자로의 반응도조종은 조종봉과 랭각재속의 붕소농도조종을 통하여 실현되며 이를 위하여 중성자흡수법에 의한 붕소농도측정체계가 개발되어 원자로의 실시간감시 측정에 리용되고있다.[1-3]

우리는 붕소농도측정체계를 구성하고 경수로랭각재의 붕소농도를 측정하였다.

## 1. 붕소농도측정체계

랭각재는 로심으로부터 시료통으로 들어오며 이때 시료통을 통과하는 중성자원천의 세기는 시료속의 중성자흡수제인 붕소농도에 의하여 변한다.

우리는 검출기로 BF<sub>3</sub>계수관(《CHM-11》)을, 신호처리로 한소편처리소자 PIC16F877A를 리용하였다. 예비증폭기는 마당효과3극소자로 구성된 차동증폭기, 연산증폭기, 반복기로 구성하였으며 증폭도는 20~30이고 증폭기전체를 0.2mm의 알루미늄튜브로 차폐시켰다. 주증폭기는 극-평보상미분회로, 진폭선별기, 반복기로 구성하였다.

검출기출구의 신호진폭은 10mV정도이며 이 신호는 예비증폭기에서 200mV로 증폭된 다음 주증폭기와 규격화단에서 4V의 직각임펄스로 성형되어 신호처리단으로 들어간다. 신호처리부에서 처리된 신호는 LCD표시부에 표시된다.

대면부를 통하여 임의로 설정할수 있게 장치조종프로그램을 작성하였다.

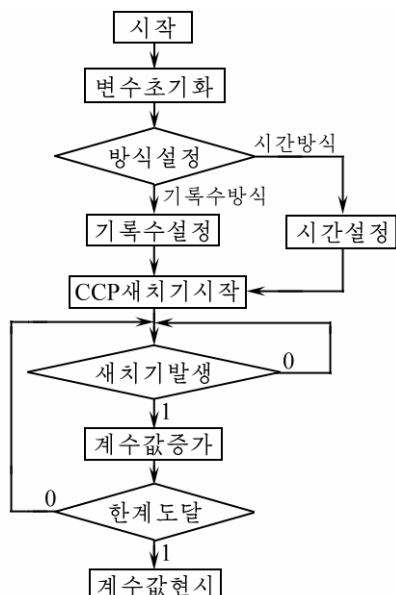


그림 1. 붕소농도측정체계의 신호 처리 및 장치조종알고리즘

신호처리부에서 PIC16F877A의 15번 단자를 임펄스신호입구로, 36~40번 단자를 장치조종단자로 설정하였다. 장치조종단자는 측정방식(측정시간고정, 기록수기록과 기록수고정, 측정시간기록)설정과 반복측정회수, 시작, 정지, 지우기 등 여러가지 기능을 수행한다. PIC16F877A의 D0-D7은 표시부로 리용하였다. 표시부에 자료들이 현시되며 필요한 항목들을 설정하고 측정할수 있다.

붕소농도측정체계의 신호처리 및 장치조종알고리즘은 그림 1과 같다.

## 2. 붕소농도측정체계의 특성

중성자원천으로는 세기가  $1.18 \cdot 10^6$ 개/s인 Pu-Be원천을, 시료로는 오르토붕산을 리용하였다.

전압에 따르는 검출기계수특성 BF<sub>3</sub>계수관으로 전압에 따르는 계수값을 측정한 결과는 그림 2와 같다. 이때 측정시간은 1min, 검출기와 원천외벽까지의 거리는 1cm로 고

정하였다.

그림 2에서 보는바와 같이 1 500~1 550V에서는 계수속도변화가 비약적으로 상승하고 1 550~1 600V에서는 비교적 평탄하며 그 이상에서는 전자사태가 일어난다는것을 알수 있다. 따라서 BF<sub>3</sub>중성자검출기의 사용전압을 1 550~1 600V로 하였다.

붕소농도에 따르는 계수특성 붕소농도는 먼저 큰 값을 취하고 그것을 절반씩 희석하는 방법으로 변화시켰다. 측정시료통은 2cm×40cm×2.5cm 크기의

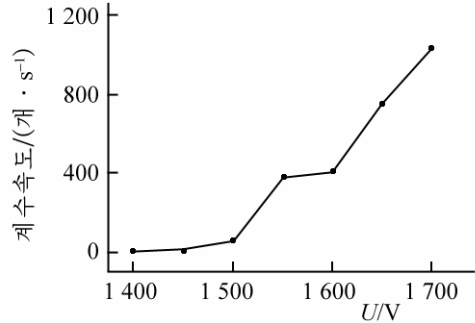


그림 2. 전압에 따르는 계수속도변화

유기유리로 만들었으며 중성자검출효율을 최대로 높이기 위하여 중성자원천과 시료통, 검출기를 최대로 붙였다.

붕소농도에 따르는 계수속도변화는 그림 3과 같다.

그림 3에서 보는바와 같이 붕소농도가 0~0.1% 일 때 계수속도와 선형관계가 만족되지만 그 이상에서는 만족되지 않는다는것을 알수 있다.

0.2%이상에서는 계수속도변화의 오차가 크다. 붕소농도의 측정 한계는 0.005%이다.

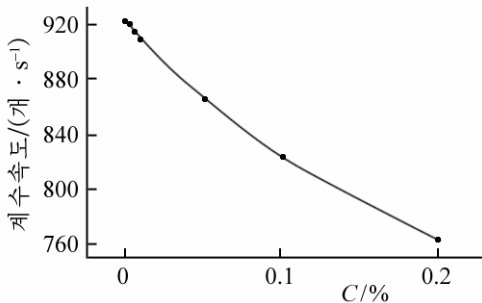


그림 3. 붕소농도에 따르는 계수속도변화

## 맺 는 말

중성자흡수법을 리용하여 경수로냉각재의 붕소농도측정체계를 구성하였다. 이 체계에서 붕소농도(0~0.1%)와 계수속도사이에 선형성이 만족되며 붕소농도의 측정 한계는 0.005%이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김만호; 핵전자공학, 김일성종합대학출판사, 84~159, 주체97(2008).
- [2] T. M. Salman et al.; Advances in Applied Science Research, 4, 1, 105, 2013.
- [3] N. H. Hemming et al.; Chem. Gelo., 114, 147, 1994.

주체105(2016)년 11월 5일 원고접수

## Measurement of Boron Concentration in PWR Coolant by Neutron Absorption Method

Ri Kye Ryong, Jo In Hyong and Ri Chol Hak

We constructed the measurement system of boron concentration in PWR coolant using neutron absorption method. In this system, linearity between the boron concentration(0~0.1%) is satisfied and the counting rate, and the measuring limit of boron concentration is 0.005%.

Key words: neutron absorption method, boron, PWR coolant