

## 아림계장치의 유효증식결수변화특성

림청엽, 김성지

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《모든 과학자, 기술자들이 과학기술발전의 추세에 맞게 첨단과학과 기초과학발전에 힘을 넣어 나라의 과학기술을 세계적수준에 올려세우도록 하여야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제20권 62페이지)

아림계상태의 증식결수를 정확히 평가하는것은 원자로의 안전한 운영을 위하여 매우 중요한 문제로 나서고있다.[1, 3]

아림계장치의 로물리적특성에 대한 연구자료[1]들은 주로 천연우라늄(고압폴리에틸렌수지표피)-물체에 대한것이며 천연우라늄(불수강표피)-물체에 대한 연구결과는 발표된것이 없다. 핵연료봉표피를 고압폴리에틸렌수지로 제작하는 경우 핵적특성이 비교적 좋고 제작이 쉬운 우점이 있는 반면에 력학적세기가 매우 낮아 사용에서 불편한 결함이 있다.[2, 3]

그러나 불수강은 핵적특성이 고압폴리에틸렌에 비해 얼마간 나쁘지만 력학적세기가 높기때문에 핵연료봉표피재료로 리용할 가능성이 있다.

론문에서는 아림계장치의 핵연료봉표피를 고압폴리에틸렌수지와 불수강으로 만들고 핵연료봉직각격자간격을 변화시킬 때 유효증식결수변화특성을 고찰하였다.

먼저 요소세포계산프로그램 WIMS와 전체 반응대계산프로그램 CITATION을 리용하여 두가지 핵연료봉표피재료와 각이한 핵연료봉격자에서 아림계장치의 유효증식결수변화특성을 고찰하여 불수강을 아림계장치의 핵연료봉표피재료로 리용할수 있는 가능성을 밝혔다.

고압폴리에틸렌수지표피재료를 리용하여 핵연료봉을 만드는 과정은 다음과 같다.

핵연료봉알심의 직경은 29mm, 길이는 520mm, 밀도는  $18.6\text{g/cm}^3$ 이고 불순물은 붕소함량으로  $1.1 \times 10^{-4}\%$  이하이다. 고압폴리에틸렌수지표피핵연료봉을 만들 때 길이가 1 440mm, 내경이 30mm, 외경이 34mm인 고압폴리에틸렌수지관안에 핵연료봉알심 2대를 넣고 관의 아래부분과 윗부분을 직경이 30mm이고 길이가 각각 150mm와 250mm인 고압폴리에틸렌수지봉마개로 봉인하였다.

불수강표피재료를 리용하여 핵연료봉을 만드는 과정은 다음과 같다.

길이가 1 700mm, 내경이 30mm, 외경이 32mm인 한쪽 끝이 막힌 불수강관에 길이가 150mm이고 직경이 30mm인 고압폴리에틸렌수지봉을 넣은 다음 핵연료봉알심 2대를 장입하고 불수강관의 윗부분에서부터 직경이 30mm이고 길이가 250mm인 고압폴리에틸렌수지봉마개를 핵연료봉알심윗면이 닿을 때까지 밀어넣어 봉인하였다. 여기서 리용된 불수강은 1Cr18Ni9Ti이다. 두가지 표피재료에 포함된 화학원소들의 조성과 밀도는 표 1과 같다. 수지표피와 불수강표피로 핵연료봉을 제작하는 경우 핵연료봉알심과 표피사이에 0.5mm의 공극이 생기는데 계산에서는 핵연료봉표피와 핵연료알심이 붙어있는것으로 보고 공극을 무시하였다.

표 1. 고압폴리에틸렌수지와 불수강에 포함된 화학원소들의 조성과 밀도

표피재료	원소	함량/%	밀도/(g·cm <sup>-3</sup> )
불수강 (1Cr18Ni9Ti)	<sup>26</sup> Fe	70	7.9
	<sup>22</sup> Ti	3	
	<sup>24</sup> Cr	18	
	<sup>28</sup> Ni	9	
고압폴리에틸렌수지	(-CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> -) <sub>n</sub>		0.92

아림계장치의 핵연료봉은 14×14형 직각격자(196대)로 되어있다. 격자간격이 각각 35, 40, 45, 50, 55, 60mm이고 경계조건으로 두께가 30cm인 물반사체가 로심을 둘러싸고 반사체 바깥에서 중성자묵음이 령이라고 가정하는 경우 요소세포계산프로그램 WIMS와 집합체계산프로그램 CITATION을 리용하여 유효증식결수를 계산하였다.(표 2)

표 2. 격자간격에 따르는  $k_{\text{유효}}$  변화

격자간격/mm	35	40	45	50	55	60
$k_{\text{유효}}$ 수지	0.772 395	0.864 288	0.868 006	0.840 212	0.797 588	0.747 11
$k_{\text{유효}}$ 불수강	0.726 748	0.802 316	0.816 129	0.796 680	0.760 972	0.716 313
$\Delta k_{\text{유효}}$	0.045 647	0.061 972	0.051 877	0.043 532	0.036 616	0.030 797

천연우라늄(불수강표피)-물계인 경우 천연우라늄(고압폴리에틸렌수지표피)-물계에 비하여 유효증식결수가 전반적으로 작으며 격자간격이 증가함에 따라 점차 증가하다가 45mm일 때 최대로 되었다가 다시 감소한다. 그리고 앞에서 주어진 격자간격에서 증식결수차가 0.030 797~0.061 972이며 격자간격이 40mm일 때 두가지 표피에서의 증식결수차가 제일 크고 60mm일 때 제일 작으며 평균값은 0.045 073 5이다. 따라서 아림계장치의 핵연료봉표피재료로 고압폴리에틸렌수지대신 불수강을 리용할수 있다.

## 맺 는 말

1) 수지표피재료와 불수강표피재료인 경우 모두 45mm 격자에서 최대유효증식결수를 가지므로 아림계장치의 격자간격을 45mm로 하는것이 합리적이다.

2) 격자간격이 각각 35~60mm인 경우 고압폴리에틸렌수지표피재료와 불수강표피재료에서의 유효증식결수차가 0.030 797~0.061 972이다.

따라서 아림계장치의 핵연료봉표피로 고압폴리에틸렌수지대신 불수강을 리용할수 있는 가능성이 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 59, 9, 67, 주체102(2013).
- [2] Shoujun Yan et al.; Nuclear Engineering and Design, 272, 19, 2014.
- [3] Edson Henrice Jr et al.; Progress in Nuclear Energy, 99, 119, 2017.

## **Characteristics of the Variation on the Effective Multiplication Factor in the Subcritical Assembly**

*Rim Chong Yop, Kim Song Ji*

We have made of the fuel rod casing by the high pressure polyethylene resin and the stainless steel and have considered the variation characteristics on the effective multiplication factor in the subcritical assembly while varying the rectangular lattice distance of fuel rods.

Key words: subcritical assembly, effective multiplication factor