

## 중성자 조사된 원자로 압력용기강의 자기적 특성 변화

충북대학교 물리학과 김효철\*, 유성초  
 선문대학교 물리학과 김철기  
 한국원자력연구소 홍권표, 주용선

Magnetic Materials Section,  
 Atomic Energy Center Shireen Akhter

### The Change of Magnetic Properties in Neutron Irradiated Reactor Pressure Vessel

Chungbuk National University H.C. Kim\*, S.C. Yu  
 Sunmoon University C.G. Kim  
 KAERI K.P. Hong, Y.S. Choo

Magnetic Materials Section,  
 Atomic Energy Center, Dhaka, Bangladesh Shireen Akhter

#### 1. 서론

원자로 압력용기는 원자로 가동 중에 나오는 고 에너지 중성자에 의해 기계적인 성질이 저하되는 중성자 조사 취하 (neutron irradiation embrittlement) 현상이 나타나게 된다. 이러한 현상은 고 에너지 중성자 조사시 시료에 생성되는 석출물 및 결함에 의하여 나타나게 된다. 이러한 압력용기의 중성자 조사 취하는 원자력 발전소의 수명 및 안전성 평가에 중요한 영향을 미치게 된다. 지금까지의 조사취하 평가 방법은 충격, 인장, 파괴인성등의 파괴적인 평가방법과 비파괴적인 초음파시험법등의 다양한 연구가 진행되어 지고 있다. 그리고 최근에는 중성자 조사된 압력용기의 자기적 특성 변화를 이용한 압력용기의 조사취하를 알아내는 방법들이 진행되어 지고 있다[1][2].

자기적 특성 변화는 중성자 조사에 의해 생기는 원자내의 결함에 의하여 자벽운동을 방해하며, 또한 원자간 교환상호작용을 변화시킴으로서 나타나게 된다.

본 실험에서는 원자로 압력 용기 재료인 SA508 Class 3 및 SA533 강 모재 금속에 중성자를 조사시켜 이들의 중성자 조사량에 따른 자기적 특성 변화를 연구하였다.

#### 2. 실험방법

시료는 모재금속 SA508 Class3, SA533을 사용하였으며, strip 형태는 140  $\mu\text{m}$ 이고 폭은 3 mm 이고, disk 형태의 시료의 두께는 지름이 3mm 이고 두께는 80  $\mu\text{m}$  이다. 중성자는 한국원자력 연구소의 하나로에서 조사하였으며, 중성자 flux는 열중성자 ( $n_{th}$ )와 고속 중성자 ( $n_f$ ) 가 각각  $3.09 \times 10^{13} \text{ n/cm}^2 \text{ s}^{-1}$  과  $1.87 \times 10^{11} \text{ n/cm}^2 \text{ s}^{-1}$  이며, 이에 대응하는 고속 중성자의 fluence는 각각  $\sim 10^{14}$  에서  $10^{17} \text{ n/cm}^2$  까

지 이다. 상온 및 저온( 77 K) 에서의 자기이력곡과 자화의 온도 의존성은 시료진동형 자력계 (Vibrating Sample Magnetometer : VSM)을 사용하였으며, 복소투자율  $\mu^*(f) = \mu'(f) + j\mu''(f)$ 는 임피던스 분석기 (HP4192A)를 이용하여 10 kHz ~ 10 MHz의 주파수 범위에서 슬레노이드코일을 이용하여 교류자장( $h_0 \leq 210$  mOe)를 변화시키면서 측정하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

VSM실험 결과를 보면 중성자 조사량 및 시료에 따라 자기이력곡선의 형태가 다양하게 변하는 것을 볼 수 있었으며, 복소 투자율 실험 결과를 보면, 적은 교류자기장을 가해 주었을 때의 스펙트럼은 전형적인 Debye 형태의 주파수 특성을 보이고 있다. 이들은 중성자 조사에 따라 생기는 결합에 의해 자벽 운동은 감소 하였으며, 자화회전은 증가하는 것을 볼 수 있었다.

### 5. 참고문헌

- [1] Se-Hwan Chi, Kee-Ok Chang, Jun-Hwa Hong, Il-Hiun Kuk and Chong-Oh Kim, J. Appl. Phys. 85(8), 6043(1999)
- [2] Duck-Gun Park, Jun-Hwa Hong, Chi-li Ok, Jang-Whan Kim and H.C. Kim, IEEE Trans. Magn., 34(4), 2036(1998).