

## 증기발생기 전열관의 강자성상 탐촉자 제작에 관한 연구

정선영<sup>1\*</sup>, 손대락<sup>1</sup>, 유권상<sup>2</sup>, 박덕근<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>한남대학교 물리학과, <sup>2</sup>한국표준과학연구원, <sup>3</sup>한국원자력연구소

Study on the Probe Development for the Detection of Ferromagnetic Phase  
 in the Steam Generator Tube

S.Y. Jung<sup>1\*</sup>, D.R. Son<sup>1</sup>, K.S.Yoo<sup>2</sup>, D.K.Park<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Hannam Univ. Physics, <sup>2</sup>KRISS, <sup>3</sup>KAERI

## 1. 서론

원자력 발전소의 증기발생기 전열관의 소재로 사용되는 Inconel600 합금은 발전소의 가동에 따라 응력(Stress) 부식(Corrosion) 균열(Cracking)등의 현상이 일어나게 되고, 이들의 안전진단은 원전가동의 안전성에 있어서 매우 중요한 위치에 있다. Inconel600은 응력과 열에 의해 강자성상이 생성되는 것으로 알려져 있으며 이는 원자력 발전소의 안전성에도 문제를 일으킬 수 있게 된다. 뿐만 아니라, 기존의 비파괴 방법으로 사용되는 와전류 탐상법은 강자성상이 발생할 경우 비파괴 탐상의 해석에 어려움을 주기 때문에 이는 증기발생기 건전성 확보에 어려움을 준다. 따라서 본 연구에서는 강자성상 측정을 위한 일차코일 전류 측정형 탐촉자 그리고 H-search 코일형 탐촉자를 개발·제작하여 보았으며, 이들의 성능을 비교하고, 본 연구의 Inconel600 기준시편 측정에 적절한 탐촉자는 H-search 코일형 탐촉자로 선택하였다.

## 2. 측정원리

## (1) 일차코일 전류 측정형 탐촉자

비접촉으로 강자성상을 측정하기 위해 대상시편을 자화시키고, 그에 따른 유도기전력을 측정하는 방법으로 'U' 모양의 yoke에 1차코일과 2차코일을 권선하였다. 그리고 자기장의 세기  $H$ 는 1차코일에 흐르는 전류로부터 구하고, 자속밀도  $B$ 는 2차코일에 유도되는 기전력을 적분하여 구하였다. Fig. 1-(a)는 일차코일 전류 측정형 탐촉자 원리에 대한 그림이다.

## (2) H-search 코일형 탐촉자

비접촉으로  $B$ 와  $H$ 의 측정으로 강자성상을 찾기 위한 방법은 일차코일 전류 측정형 탐촉자와 그 원리는 동일하다. 그리고 시간에 따른  $H$ 의 신호변화를 보기 위해 1차코일과 2차코일 사이에 코일을 권선하였으며 이에 따른 신호는 적분하여 구하였다. Fig.1-(2)는 H-search 코일형 탐촉자 원리에 대한 그림이다.

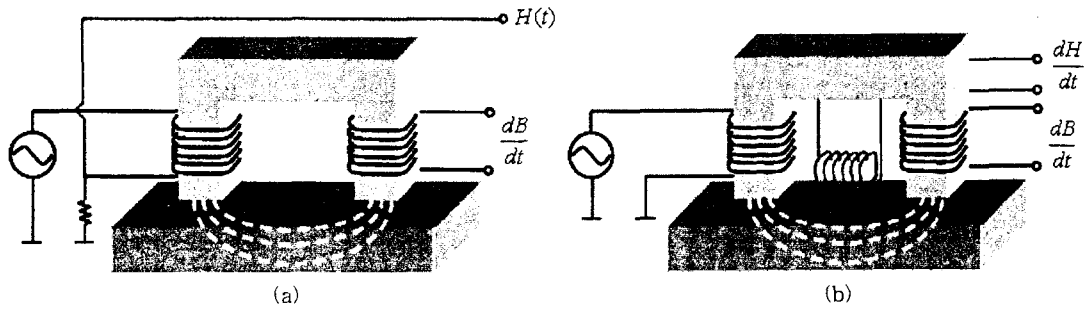


Fig. 1. Principle of the (a) primary current type probe, (b) H-search coil type probe

### 3. 측정장치구성

#### (1) 일차코일 전류 측정형 탐촉자

일차코일 전류 측정형 탐촉자의 yoke는 'U' 모양의 코어를 적층하여 사용하였고, 각 1차 및 2차 코일은 yoke에 직경 0.15 mm의 코일을 100회씩 권선하였다. 이 중 하나의 코일은 자화코일이고, 나머지 하나는 탐지코일로 사용하였으며, 그 크기는 5 mm × 12 mm × 3.5 mm 이었다. 자기장의 세기  $H$ 의 측정은 선트저항 양단의 전압을 증폭하였으며, 자속밀도  $B$ 의 신호는 탐지코일로부터 유도된 기전력을 적분하였다. 그리고, air flux가 보정된  $B$  신호를 PSD를 통한 후, LPF를 사용하여 DC 전압으로 측정하였다.

#### (2) H-search 코일형 탐촉자

$H$ -search 코일형 탐촉자의 yoke 제작, 1차 및 2차 코일의 권선 그리고 그 신호처리는 일차 코일 전류 측정형 탐촉자와 동일하게 제작하였다. 그리고 1차 코일과 2차 코일 사이에 위치한 H-search 코일은 직경 0.1 mm 코일로 100회 권선하였으며, 그 신호는 적분하여 측정하였다. H-search 코일 신호는  $B$  신호의 air flux를 보정하였으며, 보정된  $B$  신호를 PSD를 통한 후, LPF를 사용하여 DC 전압으로 측정하였다.

### 4. 결과 및 토의

본 연구의 목표는 증기발생기 튜브의 결함측정으로 탐촉자의 스캔 속도가 1 m/s로써, 빠른 시간에 강자성상을 자화시키고 그에 따른 유도기전력의 측정이 이루어져야 한다. 따라서 측정 주파수는 10 kHz로 하였다.

SUS304 시편 위에 비정질 리본을 부착하여 제작한 기준시편에 대해 일차코일 전류 측정형 탐촉자와 H-search coil 탐촉자에 대한 lift off를 0.1mm~5 mm의 범위에서 변화하면서 측정된 결과는 Fig. 2와 같으며, lift off가 증가함에 따라 신호가 감소하는 경향을 보였다.

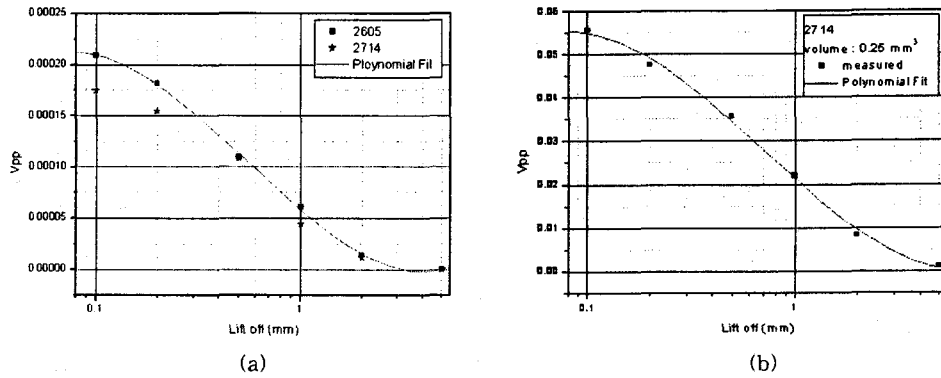


Fig. 2. Output voltage depending on the lift off (a) primary current type probe (b) H-search coil type probe

## 5. 결론

본 연구에서는 증기발생기 전열관의 강자성상 측정을 위하여, 일차코일 전류 측정형 탐촉자와, H-search 코일형 탐촉자를 제작하여, 그의 성능을 비교해 보았다. 성능 비교를 위한 lift off의 측정결과, H-search 코일형 탐촉자가 lift off가 증가함에 따른 신호 감소 경향이 더 작음을 확인하였다. 따라서 비파괴 탐상법의 단점인 lift off 효과를 보완하는데 있어서, H-search 코일형 탐촉자가 더 유리할 것이라 사료된다.

## 6. 참고문헌

- [1] J.W.Woo, "Study on the NDT of the metallic roll surface using ac magnetic leakage flux method"
- [2] J.H.Moon, "Magnetic particle & Eddy Current Testing", 원창출판사, 1998