

차등형 와전류 프로브를 사용한 Inconel600의 비파괴 결함탐상

한남대학교 물리학과	정선영*, 손대락
한국표준과학연구원	유권상
한국원자력연구소	박덕근

Non Destructive Testing of Inconel 600 Material Using Differential Type Eddy Current Probe

Hannam Univ. Physics	S.Y. Jung*, D.R. Son
KRISS	K.S.Yoo
KAERI	D.K.Park

1. 서론

비자성체인 Inconel600 합금은 원자력 발전소의 증기발생기 소재로 사용되며, 발전소의 가동에 따라 응력 부식 균열(Stress corrosion cracking)등의 현상이 일어나게 된다. 따라서 많은 열을 받고 있으며, 시간이 흐르면 그 성능은 완벽하게 보장 받을 수 없게 된다. 현재는 여러 가지의 비파괴적인 측정방법 중에서 와전류 탐상법으로 그 상태를 평가하고 있으나 열에 의한 강자성상의 생성 등으로 비파괴 탐상에 어려움을 겪고 있다. 따라서 본 연구에서는 위와 같은 와전류 탐상에서의 단점을 보완하는 방법으로 차등형 와전류 프로브를 제작하였으며, 기준시편의 가공으로 인공결함에 대한 센서의 검출능력을 확인하여 보았다.

2. 측정 원리

본 연구에서는 3개의 코일을 사용하였다. 이 중 가운데 위치한 코일은 자화코일(exciting coil)로써 자기장을 발생시키며, 양 바깥쪽의 코일은 감지코일(sensing coil)로써 시험코일이 위치한 두 부분의 자속변화 차이를 비교 검출한다. 이 때 만일 두 곳 중 하나의 감지코일 부분에 결함이 존재한다면 그 변화를 감지하여 출력신호를 발생하게 된다.

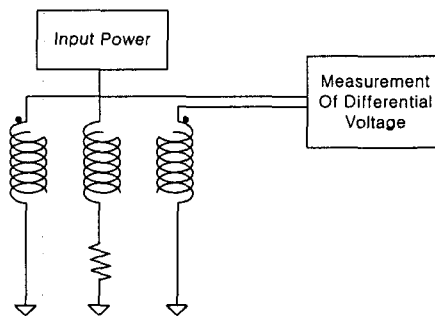


Fig.1 Schematic diagram of the differential type eddy current probe

3. 측정장치구성

① 차등형 와전류 프로브 센서 및 전자회로 제작

차등형 와전류 프로브는 규소강판(PN-14)을 적층한 후 방전가공하여 "E"자형 코어로 제작하였으며, 각 폴마다 각각 직경 0.15 mm의 코일을 100회 권선하였다. 센서의 크기는 8.5 mm × 12 mm × 6 mm 인 소형으로 제작하였다.

이렇게 제작된 프로브는 가운데 위치한 코일을 자화코일로 사용하고, 양 바깥쪽의 코일을 감지코일로

사용하였다. 만일 하나의 감지 코일 부분에 결함이 위치하게 되면, 결함이 없는 나머지 감지 코일 부분과는 다른 크기의 기전력이 유도 되며 이 신호는 차등증폭기를 통하여 기전력 차이를 증폭한다. 따라서 결함이 없는 부분에서는 두 기전력의 차이가 '0' 이며, 결함이 있는 부분에서는 두 신호의 차이가 다르게 되어 결함에 대한 신호를 얻게 된다.

② 기준 시편의 제작

기준시편은 Inconel600과 자기적 성질이 비슷한 SUS304를 사용하여 인공결함을 만들었다. 여기서 기준시편의 크기는 100 mm × 100 mm × 10 mm 로써 인공결함은 선형결함과 원형결함으로 하였다.

4. 결과 및 토의

와전류는 표피효과로 인하여 침투되는 와전류의 깊이가 다르다. 이는 결함 깊이를 측정하는 데 있어서 중요한 요소이며, 동일한 시험체일 경우, 와전류의 침투깊이는 $\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu \sigma}}$ 와 같이 주파수에 관련된다.

본 실험에서는 주파수 범위 1 kHz ~ 50 kHz 에서 결함깊이에 따른 검출능력을 확인하였으며, Fig. 2는 주파수 50 kHz 에서 결함크기에 따른 출력전압에 대한 그림이다.

또한 차등형 와전류 프로브를 이용하여 기준시편의 인공결함 중 임의의 결함에 대하여 lift off를 0.1mm ~ 5 mm 의 범위에서 변화시켜 측정한 결과 Fig. 3과 같이 lift off 가 증가함에 따라 신호가 감소하는 경향을 보였다.

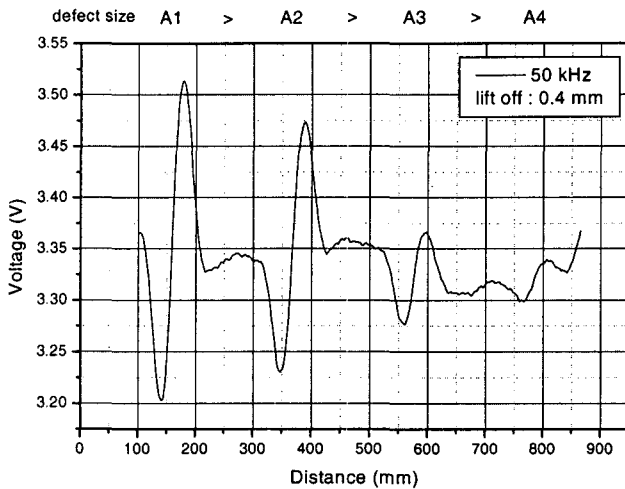


Fig. 2 Detection of artificial differential type of eddy current probe of 50 kHz

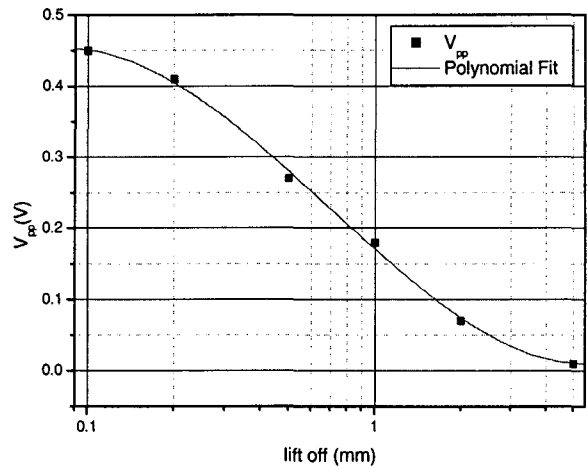


Fig. 3 Output voltage dependign on the lift off

5. 결론

차등형 와전류 프로브를 설계 제작하여 결함 유무에 따른 유도기전력의 차이를 측정하였다. 인공 결함을 측정한 결과, 결함의 크기가 클수록 또한 측정주파수가 높을수록 큰 출력전압을 확인하였으며, 이에 따라 본 실험의 목적으로써 차등형 와전류 프로브를 통하여 원자력 증기발생기의 정밀한 와전류 비파괴 탐상이 가능할 것으로 생각된다.

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