

집중유도형 교류전위차법에 의한 표면결함 및 이면결함의 평가에 관한 연구

김 훈
한국원자력연구소

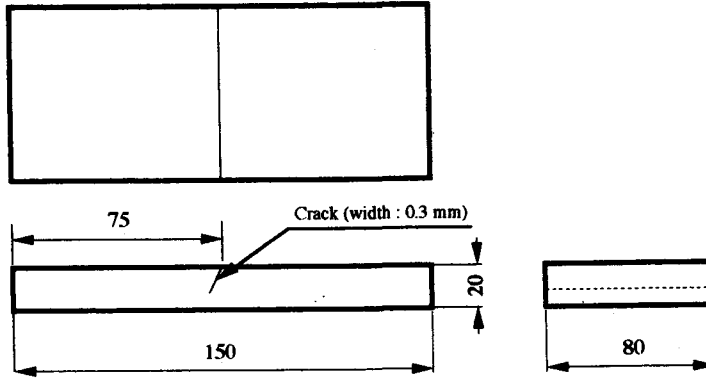
요 약 파괴역학을 기초로 한 구조물의 수명 관리와 안전성 평가에 있어서, 결함의 크기는 매우 중요한 변수인자이다. 집중유도형 교류전위차법(ICFPD)은 구조물·부재의 표면, 이면 및 내면에 존재하는 결함을 검출하고, 그 크기를 측정하기 위하여 개발하였다. 본 비파괴법의 원리는 교류 전류가 흐르는 하나의 도선에 의하여 국부적인 영역에 전류를 집중적으로 유도하는 것을 이용하였다. 도선에 흐르는 전류는 일정 크기와 주파수를 갖는다. 금속표면에 유도된 전위는 탐촉자에 설치된 전위측정용 단자(potential pick-up pins)로 측정한다.

본 논문은 집중유도형 교류전위차법을 이용하여 평판 시험편에 도입한 표면결함과 이면결함을 평가하였다. 표면결함의 경우, 전위차 분포는 결함의 경사도에 따라 변화하고, 결함부와 결함단부의 전위차는 결함의 경사도 및 깊이에 따라 변화한다. 이면결함의 경우, 전위차 분포는 표면결함의 전위차 분포와 구분이 되며, 결함부에서의 전위차는 결함의 깊이에 따라 변화한다.

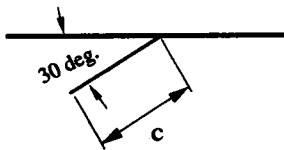
1. 서 론

원자력 및 화력 발전설비, 항공기, 화학 plant 등의 대형기기 구조물은 안정성 및 건전성의 확보를 위해 고도의 신뢰성이 요구되고 있다. 그러나 이들 구조물은 재료의 제조 공정 및 건조 중에 발생하는 결함 및 고온, 고압, 화학적 부식부위, 방사선 조사 등의 각종 환경하에서 장시간 운전으로 인하여 발생하는 결함 등에 의하여 신뢰성이 저하되고 있다¹⁾. 결함의 크기는 파괴역학을 기초로 한 구조물의 건전성 및 안전성의 평가와 수명 관리에 있어서, 재료의 특성 변화 및 운전 조건 등과 함께 중요한 요소가 된다. 결함의 평가에 있어서 파악해야 할 인자는 결함의 길이와 깊이 및 그 형상이다. 그러나 구조물을 파괴하지 않고

이들 인자를 정확하게 평가하는 것은 곤란하며, 더욱이 가동 중에 있는 구조물에 있어서 현위치(현장)에서의 결함을 검출하고 평가하는 것은 매우 중요하다. 지금까지 구조물에 존재하는 결함을 검출하기 위하여 사용되고 있는 비파괴탐상법은 방사선, 초음파, 자기, 직류 및 교류 전류 등을 이용하여 개발하여 왔고²⁻⁴⁾, 한편으로 탐상의 감도 및 정확도를 향상시키려는 노력을 기울여왔다. 그러나 이들 탐상법은 구조물의 형상 및 재질, 검사 환경, 숙련도 등의 영향으로 인한 재현성 및 평가의 정확성에 다소의 문제점을 안고 있다. 김 등은 구조물에 존재하는 결함을 비파괴적으로 검출하고 그 크기 및 형상을 정량적으로 예측할 수 있는 집중유도형 교류전위차법(Induced Current Focusing Potential Drop, ICFPD)을 개발하여 왔다.⁵⁻⁹⁾ 이 탐상법은 교류 전류의

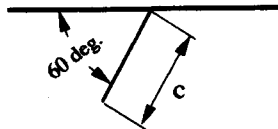


* An enlarged figure of each crack (30, 60 and 90 deg.)



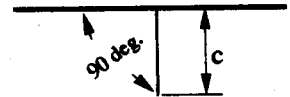
depth (c) : 1, 2.5, 5, 10, 15 mm

i) 30 degree



depth (c) : 1, 2.5, 5, 10, 15 mm

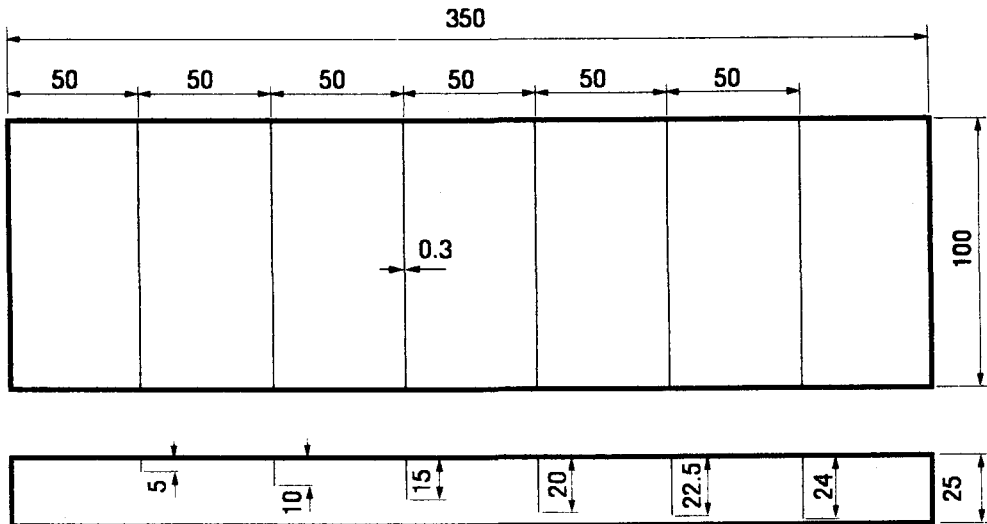
ii) 60 degree



depth (c) : 0.5, 1, 2.5, 5, 10, 15 mm

iii) 90 degree

a) surface crack specimen of ferromagnetic material (A508 Cl. III steel)



b) blind crack specimen of paramagnetic material (SUS 304 steel)

Fig. 1 The geometry of each specimen (unit of length : mm).

전자기 유도 현상^{10, 11)}을 이용한 것으로, 측정부위인 탐상영역에만 집중적으로 전류를 유도하여 표면의 전위차를 측정하므로써 결합의 검출 및 평가를 할 수 있다.

본 논문은 이 탐상법을 강자성체에 도입한 표면결합 및 상자성체에 도입한 이면결합의 평가에 적용하였다. 측정된 결과로부터 표면결합의 경사도와 깊이 및 이면결합의 깊이를 평가하였으며, 이들 결합에 대한 결과를 비교 검토하였다. 또한 이들 결과로부터 표면결합의 경사도와 깊이 및 이면결합의 깊이를 평가할 수 있는 전위차비를 제안하고, 임의 표면결합 및 이면결합의 평가인자를 예측할 수 있는 교정곡선을 제시한다.

2. 실험 방법

2. 1. 시험편

본 실험에 이용된 시험편의 재료는 원자로 압력용기용 강재인 A508 C1, III강과 원자로 및 화학플랜트의 배관용 강재인 스테인레스 304강이다. 이들 강재는 비투자율이 각각 300과 1.02인 강자성체와 상자성체이다. Table 1은 이들 강재에 대한 전자기적 특성을 나타낸 것이다. 시험편은 와이어 방전가공기를 이용하여 결합 폭 약 0.3mm의 2차원 표면결합 및 이면결합을 도입하였다. 표면결합은 측정면에서 30도와 60도의 경사 및 90도를 이루게 하였고, 이면결합은 측정면의 반대편인 이면에 도입한 것으로 90도를 이루게 하였다. 각 시험편의 형상 및 결합의 깊이를 Fig. 1에 나타내었다.

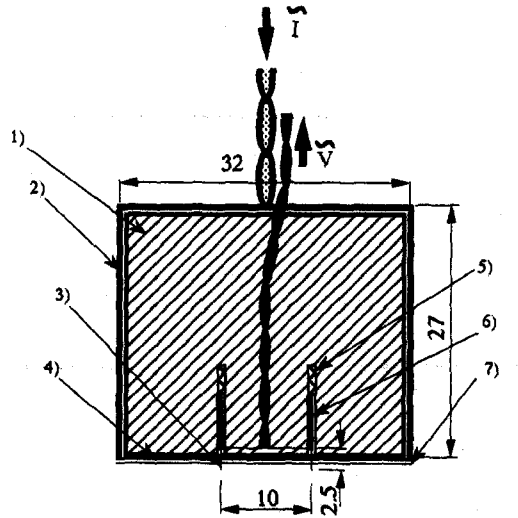
Table 1. Electromagnetic properties of A508 C1, III steel and SUS 304 steel.

Steel	Magnetic material	Specific permeability	Conductivity (Ω/m)	Skin depth at 300 Hz(mm)
A508 C1,III	ferromagnetic	300	0.6×10^7	0.68
SUS 304	paramagnetic	1.02	1.43×10^7	7.6

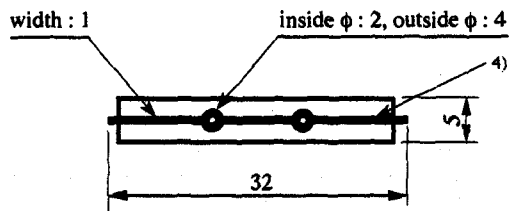
2. 2. 측정용 탐촉자 및 측정 방법

측정물의 탐상 영역에 전류를 집중적으로 유도시키는 유도선과 전위차를 측정하는 단자가 설치된 탐촉자의 개략도를 Fig. 2에 나타내었다. (a)는 정면도이고, (b)는 유도선이 설치된 밑면도이다. 탐촉자의 본체는

부도체인 아크릴 수지를 사용하였고, 전위차 측정 단자는 직경 0.3mm, 길이 2.5mm의 인칭등을 사용하였다. 이들 단자와 단자 사이의 간격은 약 10mm이고, 측정시 단자



a) Cross section of the front side



b) Induction wire on the bottom side

- 1) : Acryl
- 2) : Electromagnetic shield wire
- 3) : Pick-up pin
- 4) : Induction wire
- 5) : Pressure spring
- 6) : Guide of pick-up pin
- 7) : Electric shield film

Fig. 2. Scheme of the potential pick-up probe used in ICFPD(unit of length : mm).

의 선단과 측정물과의 접촉 저항을 일정하게 하기 위하여 압축 스프링을 이용하였으며, 상하 왕복 운동이 가능하게 하였다. 유도선은 등께 약 30μm의 동박판을 이용

하여 폭 약 1mm, 길이 약 32mm의 크기로 만들고, 가능한 측정물의 표면에 밀착시키기 위하여 탐촉자의 밀면에 설치하였다. 유도선은 측정물과 전기적 절연을 시키기 위하여 얇은 절연체(두께 약 0.2mm)로 코팅하였다.

또한, 전류 밀도가 최대로 유도되는 위치의 전위차를 측정하기 위하여, 측정 단자가 유도선의 폭 중앙에 위치하도록 Fig. 2 (b)에 나타낸 바와 같이 유도선의 일부분을 원형으로 만들었다. 유도선에서 측정 장치까지의 도선(유도선 이외의 도선)은 측정물에 유도 기전력(induced electromotive force)의 발생을 억제시키기 위하여 전자기적 절연도선(electromagnetic shield wire)을 사용하였다.

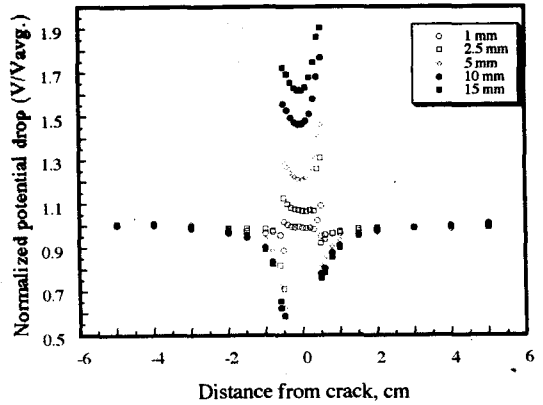
결합에 의하여 변화하는 유도 전류의 분포를 알아보기 위하여, 측정 탐촉자는 결합의 길이 방향에 대하여 수직하게 이동하였고, 결합에서 측정 단자 사이의 중심까지의 거리가 10mm 이상인 결합이 없는 부위는 5 또는 10mm, 그 이하의 부위는 1 또는 2mm의 이동 간격으로 전위차를 측정하였다. 여기서 측정된 전위차는 rms값이다. 측정 조건은 주파수 0.3kHz, 전류 2 A rms로 하였고, 이득(gain)은 가능한 큰 전위차를 얻기 위하여 측정기기가 허용하는 최대범위로 설정하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

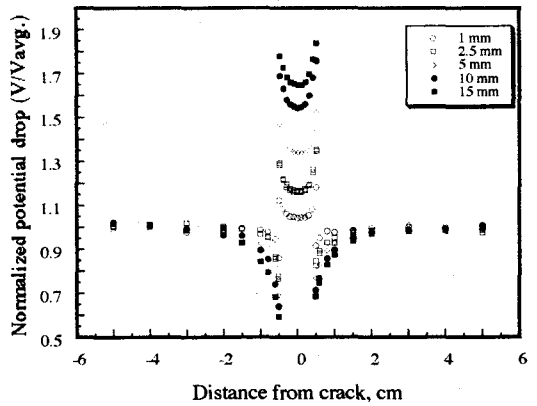
3. 1. 표면결합의 평가

3. 1. 1. 표면결합의 전위차 분포

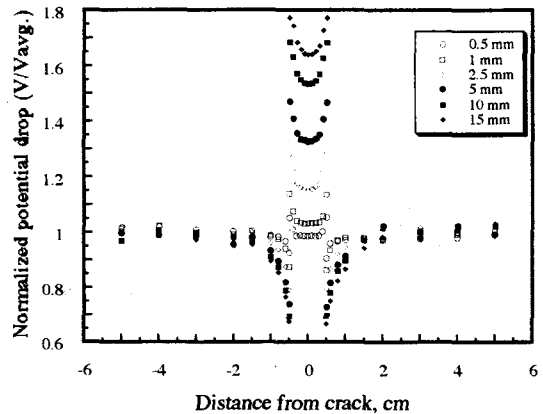
표면결합의 깊이 및 경사도에 의하여 변화하는 유도 전류의 분포를 조사하기 위하여, 각 시험편에 대하여 결합을 중심으로 좌우 5cm 구간을 전술한 간격으로 탐촉자를 이동하면서 표면의 전위차를 측정하였다. 이 측정 전위차를 결합의 영향이 없는 부위의 평균 전위차(Vavg)로 무차원화시키고, 결합 위치에서 측정 위치까지의 거리에 대해서 Fig. 3에 나타내었고, 결합의 경사도에 따라 구분하였다. 전위차는 표면결합의 존재에 의하여 변화하며, 각 경사 결합에 대한 전위차의 분포는 결합의 측정 위치에 따라 크게 3부분으로 나누어진다. 즉, 결합이 없는 부분(Fig. 4 ①), 결합단부(Fig. 4 ②) 및 결합부(Fig. 4 ③)로 구분할 수 있다.



(a) 30 degree



(b) 60 degree



(c) 90 degree

Fig. 3. The distribution of normalized potential drops for each surface crack specimen at frequency of 0.3 kHz.

결함이 없는 부분에서의 전위차는 거의 일정한 값으로 측정되고 있다. 결함단부에서의 전위차는 탐촉자의 측정 단자가 결함에 가까울수록 점점 감소하며, 결함이 깊을수록 더 작은 값을 나타내고 있다. 또한, 30도와 60도의 결함에 있어서 예각의 결함단부의 전위차는 둔각의 결함단부의 전위차보다 낮은 값으로 측정되어 전위차 분포는 좌우 비대칭을 이루고 있고, 90도의 결함의 전위차 분포는 좌우 대칭을 이루고 있다. 결함부에서의 전위차는 결함이 깊을수록 큰 값으로 측정된다. 또한, 30도와 60도 결함의 전위차 분포는 예각의 결함단부의 전위차가 둔각의 결함단부의 전위차보다 낮게 측정되는 비대칭 U자를 이루고, 90도 결함의 전위차 분포는 대칭형 U자를 이루고 있다. 결함을 중심으로 한 전위차 분포를 살펴보면, 90도 결함은 좌우 대칭으로, 60도와 30도 결함은 좌우 비대칭으로 측정되고 있다. 이로부터 결함 주위에 유도된 전류 분포는 결함이 없는 부분에서의 전류 분포와 달리 결함단에 다다르기 전에 결함의 면을 향해 변화하게 되고, 경사 결함에 있어서는 결함의 경사도에 의하여 전류 밀도가 비대칭적으로 변화하는 것을 알 수 있다 (Fig. 4 (a), (b) 참조). 또한, 결함단부의 전류 밀도는 결함의 깊이에 따라서도 그 차이가 있음을 알 수 있다.

Fig. 4는 이상의 각 경사도 결함의 측정 결과를 기초로 하여 결함 부근의 유도 전류 및 측정 전위차 분포를 도식적으로 나타낸 것이다. 측정된 전위차 분포에서, 예각의 결함(30도 및 60도)은 결함단부의 좌우 최소 전위차의 차($V_{\Delta/2x}^- - V_{\Delta/2x}^+ = \text{del.}V_{\Delta/2}^-$)와 결함부의 좌우 최대 전위차의 차($V_{\Delta/2x}^+ - V_{\Delta/2x}^- = \text{del.}V_{\Delta/2}^+$)가 존재하며, 90도 결함은 좌우 대칭을 이루고 있으므로 최소 전위차의 차($\text{del.}V_{\Delta/2}^-$) 및 최대 전위차의 차($\text{del.}V_{\Delta/2}^+$)는 0이다. 따라서 이들 최대 및 최소 전위차의 차는 결함의 경사도에 의존하여 변화하는 것을 알 수 있다. 또한, 결함단부의 최소 전위차($V_{\Delta/2x}^-$ 및 $V_{\Delta/2x}^+$)와 결함부의 최대 전위차($V_{\Delta/2x}^+$ 및 $V_{\Delta/2x}^-$)와의 차 ($V_{\Delta/2x}^- - V_{\Delta/2x}^+$ 및 $V_{\Delta/2x}^+ - V_{\Delta/2x}^-$)는 각 결함 깊이에 대하여 같은 값을 나타내므로 경사도에 의존하지 않고 결함의 깊이에 의하여 변화하는 값을 알 수 있다. 이들 전위차의 차에 대한 결함의 경사도 및 깊이와의 관계를 다음 절에서 고찰한다.

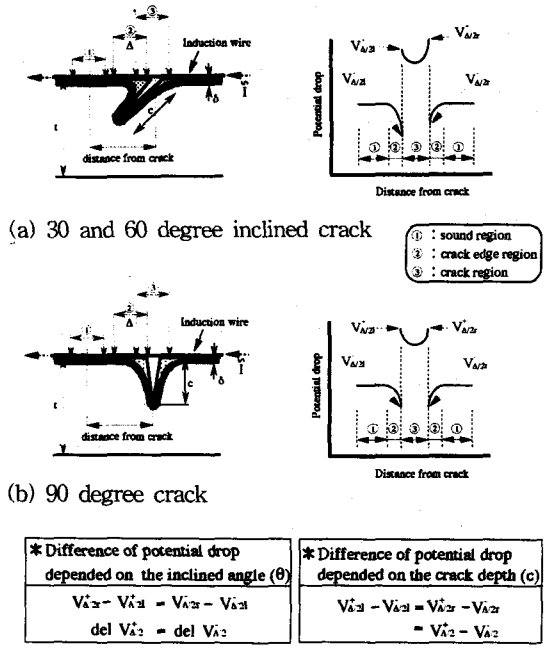


Fig. 4. Scheme of the induced current in the vicinity of each surface crack and distribution of potential drop at each measuring point.

3. 1. 2 표면결함의 경사도 평가

이상의 전위차 분포에서 결함의 경사도에 의하여 변화하는 전위차의 차($\text{del.}V_{\Delta/2}^-$ 및 $\text{del.}V_{\Delta/2}^+$)와 결함의 깊이와의 관계를 알아보기 위하여, 결함이 없는 부위의 평균 전위차(V_{avg})로 무차원화하고, 그 전위차 비($\text{del.}V_{\Delta/2}^- / V_{avg}$ 및 $\text{del.}V_{\Delta/2}^+ / V_{avg}$)를 결함의

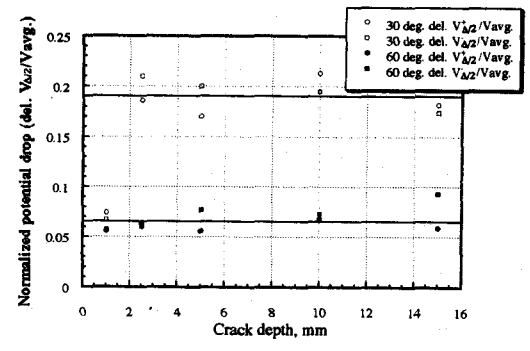


Fig. 5. The relationship between crack depth (c) and normalized potential drop ($\text{del.}V_{\Delta/2}^+ / V_{avg.}$) at frequency of 0.3 kHz

깊이에 대하여 Fig. 5에 나타내었다. 실선은 각 경사도에서, 각기 다른 깊이에서 구해진 전위차비의 평균치를 나타내고 있다. 전위차비는 각 결함의 깊이에 의존하지 않고 결함의 경사도에 대하여 거의 일정한 값으로 되는 것을 알 수 있다. 여기서 30도 경사의 1mm 깊이의 전위차비가 낮게 측정되는 것은 결함의 가공 정도의 오차로 인하여 생기는 것이라고 생각된다.

위의 실선의 전위차비를 결함의 경사도에 대하여 Fig. 6에 나타내었다. 여기서 90도 결함의 전위차비는 전위차 분포가 좌우 대칭이므로 0이다. 전위차비($\frac{\Delta V_{\Delta/2}}{V_{avg}}$)는 경사도에 의존하여 변화하며 경사도가 증가할수록 곡선적으로 감소하고 있다. 따라서, 임의의 경사 결함의 경사도는 측정된 전위차 분포에서 결함단부와 경합부의 좌우 전위차를 이용하여 전위차비($\frac{\Delta V_{\Delta/2}}{V_{avg}}$) 및 $\frac{\Delta V_{\Delta/2}^+}{V_{avg}}$ 를 구하고, 본 교정 곡선을 이용하므로써 예측이 가능하다.

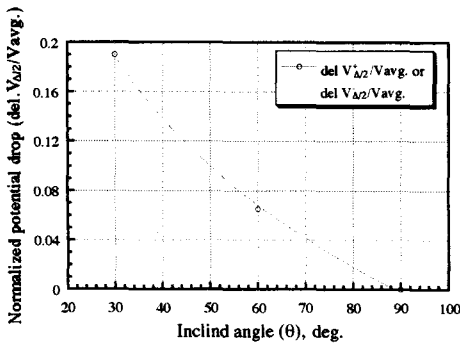


Fig. 6. The relationship between inclined angle (θ), of crack and normalized potential drop ($\frac{\Delta V_{\Delta/2}}{V_{avg}}$) at frequency of 0.3 kHz.

3. 1. 3. 표면결함의 깊이 평가

결함의 깊이에 의하여 변화하는 전위차의 차 ($V_{\Delta/2r}^-$ / 및 $V_{\Delta/2l}^+ - V_{\Delta/2l}^-$)와 각 결함의 깊이와의 관계를 알아보기 위하여, 전위차의 차를 결함이 없는 부위의 평균 전위차로 무차원화하고, 그 전위차비($\frac{V_{\Delta/2r}^+ - V_{\Delta/2r}^-}{V_{avg}}$) 및 ($\frac{V_{\Delta/2l}^+ - V_{\Delta/2l}^-}{V_{avg}}$)를 결함의 깊이에 대하여 Fig. 7에 나타내었다. 전위차비는 각 결함의 깊이에 대하여 그 차가 확실히 나타나며, 결함이 깊을수록 곡선적으로 증가하고 있다. 따라서 임의의 표면결함을 측정된 전위차 분포에서 좌우 최대 및 최소 전위차를 이용하여

깊이를 평가하는 전위차비를 구하고, 본 교정 곡선을 이용하므로써 결함의 깊이를 예측할 수 있다.

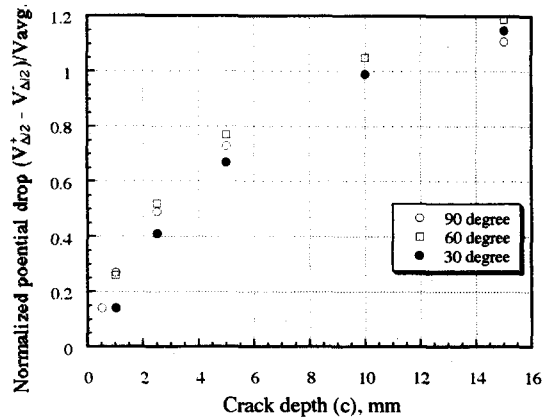


Fig. 7. The relationship between crack depth (c) and normalized potential drop ($\frac{V_{\Delta/2}^+ - V_{\Delta/2}^-}{V_{avg}}$) for each surface crack at frequency of 0.3 kHz.

3. 2. 이면결함의 평가

3. 2. 1. 이면결함의 전위차 분포

이면결함에 의하여 변화하는 표면의 유도 전류 분포를 조사하기 위하여, 결함 위치를 중심으로 좌우 2.5cm 구간을 전술한 간격으로 탐촉자를 이동하면서 전위차를 측정하였다. 이 측정 전위차를 결함의 영향이 없는 부위의 평균 전위차(V_{avg})로 무차원화시키고, 이면결함의 위치에서 측정 위치까지의 거리에 대하여 Fig. 8에 나타내었다. 전위차 분포는 탐촉자의 측정 위치에 따라 결함이 없는 부분(Fig. 9 ①)과 결함부(Fig. 9 ②)로 나눌 수 있다. 결함이 없는 부위의 전위차는 거의 일정하게 측정되고 있다. 결함부에서는 탐촉자가 결함 위치에 가까이 접근할수록 전위차가 점점 증가하여 결함 위치에서 최고 전위차로 측정되며, 이 위치를 지나면 전위차는 점점 감소되고 있다. 또한 결함 깊이의 변화에 대하여 전위차는 명확한 차를 보이며, 얇은 결함(5/25 (m/m))도 검출할 수 있는 것을 보여주고 있다. 깊은 결함의 전위차는 좌우 10mm 위치에서 결함이 없는 위치의 전위차보다 낮게 측정되고 있다. 이에 대한 이유는 명확히 알 수 없으나, 유도 전류의 흐름이 결함으로 인하여 크게 변화하거나, 측정면에서 결함 선단까지의 두께(uncracked ligament)가

표피두께^{12, 13)}보다 얇아 자속의 누설현상^{4, 14)}에서 기인되는 결과라고 판단된다. 각 결함의 전위차 분포는 결함 위치의 변곡점을 중심으로 좌우 대칭을 이루고 있다. 이 이면결함의 전위차 분포를 표면결함의 전위차 분포(Fig. 3)와 비교하여 볼 때, 그 분포 형상이 명확하게 구별된다. 따라서, 표면에 유도된 전류가 결함의 종류에 따라 서로 다르게 변화되고 있음을 알 수 있으므로, 측정된 전위차 분포로부터 결함의 종류를 명확하게 판단할 수 있다.

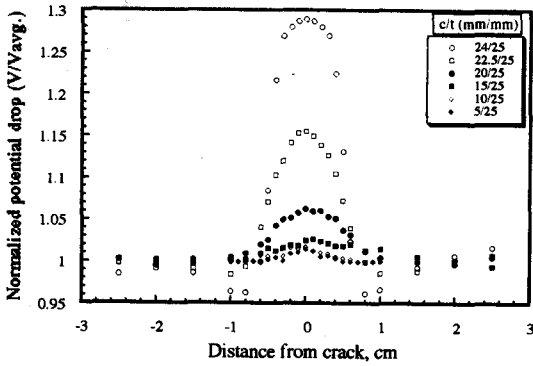


Fig. 8. The distribution of the normalized potential drop for each blind crack specimen at the frequency of 0.3 kHz.

Fig. 9는 이상의 이면결함의 측정 결과를 기초로 하여 예측한 결함 부근의 유도 전류 및 측정 전위차 분포를 도식적으로 나타낸 것이다. Table 1에 나타낸 바와 같이 스테인레스 304강은 측정 조건인 0.3kHz의 주파수에서 표피 두께(skin depth)^{12, 13)}가 약 7.6mm로 A508 C1 .III강의

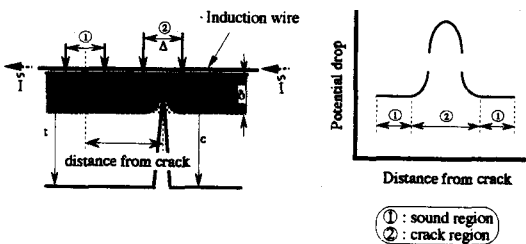


Fig. 9. Scheme of the induced current in the vicinity of blind crack and the distribution of potential drop at each measuring point.

표피 두께(약 0.68mm)에 비하여 매우 두껍다. 따라서 유도된 전류된 전류는 표면에서 보다 깊은 곳까지 흐르게 되며, 이 때 유도 전류는 표면에서 보다 깊은 곳까지 흐르게 되며, 이 때 유도 전류의 흐름과 밀도는 내부 또는 이면에 존재하는 결함에 의하여 변화하게 된다. 이와 같이 변화하는 표면의 전류를 전위차로 측정하므로써, 내부결함 및 이면결함의 검출이 가능하다. 그러나, 표피 두께는 측정 조건인 주파수에 크게 의존하므로, 측정물의 전자기적 특성 및 두께, 검출결함의 종류 및 깊이에 따라 주파수의 선택이 필요하다.

3.2.2 이면결함의 깊이 평가

이상의 전위차 분포에서 결함부의 최대 전위차(V_0)와 결함이 없는 부분의 평균 전위차(V_{avg})와의 전위차비(V_0/V_{avg})를 구하고, 이 전위차비를 이면결함의 깊이(c)와 시험편 두께(t)와의 비(c/t)에 대하여 Fig. 10에 나타내었다. 전위차비는 결함이 깊을수록 크고, 얇을수록 작은 값으로 결함의 깊이에 대하여 그 차를 뚜렷이 보이고 있으며, 곡선적으로 변화하고 있다. 5/25 (mm/mm)의 결함은 비록 낮은 전위차비를 나타내지만, 깊이의 평가가 가능함을 알 수 있다.

이상으로부터, 본 탐상법에 의한 전위차의 측정으로 이면결함의 검출이 가능하고, 전위차비(V_0/V_{avg})는 결함의 깊이 변화에 따라 차이를 나타내므로, 깊이를 예측하는 파라미터로 사용할 수 있음을 알았다. 따라서 이면결함의 깊이와 전위차비와의 선도를 이용하여 임

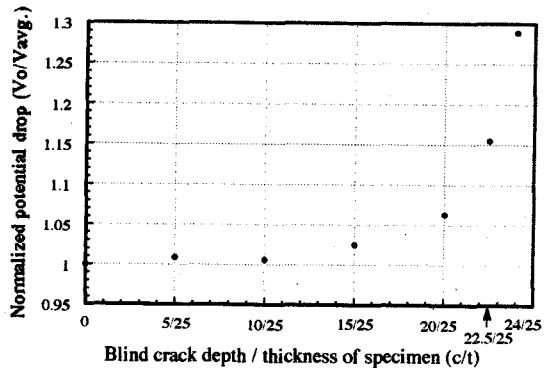


Fig. 10. The relationship between the normalized potential drop(V_0/V_{avg}) and the normalized crack depth at the frequency of 0.3 kHz.

의의 이면결합의 깊이 또는 측정면에서 결합 선단까지의 두께를 정량적으로 예측할 수 있다.

평가를 실시한 두 결합의 측정 결과로부터, 본 탐상법은 구조물에 존재하는 임의 결합의 검출 및 위치의 확인뿐만이 아니고, 표면결합과 이면결합의 종류를 구분할 수 있다. 또한, 표면결합의 경사도와 깊이 및 이면결합의 깊이 또는 측정 면에서 결합 선단까지의 두께(uncracked ligament)는 각 결합의 평가 파라미터와 교정 곡선을 이용하여 정량적으로 예측할 수 있다.

4. 결론

교류 전류를 국부적인 탐상 영역에 집중적으로 유도하여, 결합을 비파괴적으로 검출하고, 그 크기를 예측하는 집중유도형 교류전위차법을 개발하였다. 이 탐상법을 강자성체에 도입한 표면결합과 상자성체에 도입한 이면결합에 적용하여 표면결합의 경사도와 깊이 및 이면결합의 깊이를 평가하고, 두 결합의 결과를 비교 검토하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 표면결합에 대한 전위차 분포는 결합의 경사도에 의하여 그 형상이 변화하고, 결합 부근에서의 전위차는 결합의 경사도와 깊이의 변화에 따라 그 차이가 명확하다.
- 2) 전위차비 $\frac{\text{del}.V_{d/2}^+}{V_{\text{avg}}}$ 및 $\frac{\text{del}.V_{d/2}^+}{V_{\text{avg}}}$ 는 결합의 경사도에 의존하여 변화하고, 경사도가 증가할수록 곡선적으로 감소하므로 결합의 경사도를 평가하는 인자로 사용할 수 있다. 또한, 전위차비 $\frac{V_{d/2r}^+ - V_{d/2r}^+}{V_{\text{avg}}}$ 및 $\frac{V_{d/2l}^+ - V_{d/2l}^+}{V_{\text{avg}}}$ 는 결합이 깊이에 대한 차이를 보이며, 깊이가 깊을수록 곡선적으로 증가하므로 결합의 깊이를 평가하는 인자로 사용할 수 있다. 따라서 이들 전위차비와 교정 곡선을 이용하여 임의의 표면결합의 경사도 및 깊이를 정량적으로 예측할 수 있다.
- 3) 이면결합에 대한 전위차 분포는 표면결합의 전위차 분포와 비교하여 볼 때 명확히 구분이 된다. 따

라서 전위차 분포의 형상으로 결합의 종류를 파악할 수 있다.

- 4) 이면결합에 있어서, 전위차비(V_0/V_{avg})는 결합의 깊이에 대하여 그 차를 명확히 보이고 있으므로, 결합의 깊이를 평가하는 인자로 사용할 수 있다. 따라서 이 전위차비와 교정곡선을 이용하여 임의의 이면결합의 깊이를 정량적으로 예측할 수 있다.

참고 문헌

- 1) 庄子哲雄, 1993, “機器構造部材の経年劣化と壽命豫測,” 日本機械學會 材料力學部門 講演會 講演論文集, pp. 265 - 268.
- 2) 日本非破壊検査協會編, 新非破壊検査便覽, 日本理工出版會, (1989), pl
- 3) Don E. Bray and Don McBride, “Nondestructive Testing Techniques”, (1992)
- 4) D. Mirshekar-Syahkal, R. Collins and D. H. Michale, 1985, “Development in Surface Crack Detection by the A.C. Field Technique,” Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation, Vol. 4, A, pp. 349 - 357
- 5) 金 燦, 庄子哲雄, 1993, “誘導型交流電位差法による新しい探傷技術の開発,” 日本材料學會, 第42期 講演論文集, pp. 1 - 3
- 6) H. Kim, and T. Shoji, 1994, “Nondestructive Evaluation of Surface Defect Shape and Size by the Induced Current Focusing Potential Drop,” the 71st JSME Spring Annual Meeting Proceeding, pp. 586 - 588.
- 7) 金 燦, 庄子哲雄, 1994, “集中誘導型交流電位差法に關する研究 - 缺陷寸法の評價精度および周波數依存性の検討-,” 日本材料學論文集, Vol. 43, No. 494, pp. 1482 - 1488.
- 8) 金 燦, 庄子哲雄, 1995, “集中誘導型交流電位差法に關する研究 - 探觸子改良および2次元表面缺陷への適用-,” 日本材料學會論文集, Vol. 44, No. 500, pp. 669 - 674.

- 9) 金 燦, 庄子哲雄, 鄭 世喜, 1995, "집중유도형교류전위차법에 의한 강자성체 및 상자성체의 2차원 표면결함의 비파괴평가," 大韓機械學會論文集, Vol. 19, No. 5, pp. 1202 - 1210.
- 10) W. H. Hayt, 1989, Engineering Electromagnetic, 5th edition, McGraw-Hill, P. 321.
- 11) J. D. Kraus, 1984, Electromagnetic, third edition, McGraw-Hill, p. 326.
- 12) W. H. Hayt, 1989, Engineering Electromagnetic, 5th edition, McGraw-Hill, p. 356.
- 13) 日本非破壊検査協會編, 新非破壊検査便覽, 日本理工出版會, (1989), p. 383.
- 14) D. C. Jiles, 1990, "Review of Magnetic Methods for Nondestructive Evaluation," NDT International, Vol. 23, No. 2 pp. 83 - 92.

Evaluation of Surface Crack and Blind Crack by Induced Current Focusing Potential Drop(ICFPD) Technique

Hoon Kim

Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI)

Abstract In the life management safety evaluation of constructs base on a fracture mechanics, the size of defect is the very important parameter. ICFPD (Induced Current Focusing Potential Drop) technique has been developed for detecting and sizing of defects that exist not only on surface but also inside and interior of structural components. The principle of this technique is to induce a focusing current at an exploration region by a straight induction wire through which an alternating current (AC) flows that has constant amplitude and frequency. The potential distributed on the surface of metallic material is measured by potential pick-up pins that are settled on the probe. In this paper, this NDI technique was applied to the evaluation of surface cracks and blind cracks in plate specimens. The results of this study show that in the case of surface crack, the distribution of potential drop is varied with the inclined angle of surface crack, and the potential drops in the crack region and the crack edge region are varied with the inclined angle and depth of crack. The distribution of potential drop for the blind crack is distinguished from that for the surface crack, and the potential drop in the crack region is varied with the depth of crack.

(Received : November 10, 1995)