

## 직류전위차법에서 전류 입출력점 사이 거리가 전위차에 미치는 영향

### The Influence of Distance between Current Supply Points on Potential Drop in DCPD

이정희

Jeong-Hee Lee

**초 록** 이차원 표면균열을 가진 시험편을 사용하여 직류전위차법에서 전류 입출력점 사이의 거리가 전위차에 미치는 영향을 실험을 통하여 규명하였다. 전위차 값은 일정 전위차 계측점 사이의 거리에 있어 전류 입출력점 사이의 거리가 증가함에 따라 반비례적으로 감소하고 있음을 알 수 있었다. 따라서 전위차 계측의 감도를 향상하기 위해서는 전류 입출력점을 전위차 계측점에 최대한 가까운 위치에 설치하도록 하는 것이 유리하다. 계측한 전위차 값은 노치의 길이에 비례하고 있기 때문에 직류전위차법은 표면균열 측정에 유효한 수단이라 할 수 있었다. 또한 전류 입출력점을 최대한 전위차 계측점 가까이에 위치시킬 때 균열길이와 작은 균열도 직류전위차법으로 검사 할 수 있음을 알았다.

**주요용어:** 직류전위차법, 전위차, 전류 입출력점 거리, 전위차 계측점 거리

**Abstract** It was verified that the effect of the distance between current input point and output point on direct current potential drop(DCPD) in the material with two-dimensional surface notch. If the distance between potential drop measuring points was fixed at a certain distance, the potential drop was decreased with increasing the distance between current input and output points. Hence it is the effect way to increase sensitivity in DCPD that the current input and output points should be located near the potential measuring points. DCPD was a useful method for surface crack sizing because the potential drop was proportional to the length of notch. When the current input and output points are located near the potential measuring points, even small length crack can be measured by DCPD technique.

**Keywords:** Direct Current Potential Drop(DCPD) Technique, Potential Drop, Distance between Current Input and Output Points, Distance between Potential Measuring Points

#### 1. 서 론

전위차법은 도전성의 피검사물에 전류를 흘리고 표면에서 전위차를 계측하여 재료를 비파괴검사하는 방법이며, 사용하는 전류에 따라 직류전위차법과 교류 전위차법이 있다. 직류 전위차법(direct current potential drop: DCPD)은 교류전위차법보다 더 오래된 기술이며, 사용이 간단하고 상대적

로 설비의 가격이 싼 관계로 많이 사용되고 있다. 직류전위차법에는 4개의 단자 즉, 2개의 전류 입출력 단자와 2개의 전위차 계측단자가 있다. 초기 직류전위차법에서 전위차 계측점은 균열근처에 배치하지만 전류입출력 단자는 균일한 전류흐름을 얻기 위하여 균열에서 상당히 떨어진 지점에 위치하도록 하였다[1].

최근 직류전위차법에 의한 비파괴검사에도 감도

를 향상시키기 위하여 전류 입출력 단자와 전위차 계측 단자 사이의 거리를 작게 하는 시도와 전류 입출력점과 전위차 계측점 사이의 상대적 위치를 다르게 하는 시도가 수행되었다[2]. 즉 지금까지는 전류 입출력점과 전위차 계측점을 일직선상에 위치시켰으나 네 단자를 각각 정사각형의 네 모서리에 위치시켰다. 또 직류전위차의 고감도를 위하여 근접단자(closely coupled probes potential drop: CCPD)가 제안되었으며, 전류 입출력점과 전위차 계측점 사이를 매우 근접한 계측계의 근사식을  $j_e$  적분을 이용하여 구하였다[3]. 이와 같이 직류전위차법을 이용한 효과적 비파괴검사를 위하여 다양한 시도가 수행되고 있다.

감도가 좋고 효과적인 직류전위차를 이용한 계측법을 개발하기 위해서는 전류 입출력점 사이의 거리와 전위차 계측점 사이의 거리가 전위차에 미치는 영향을 알아야한다. 그러나 지금까지 전류 입출력점 사이의 거리와 전위차 계측점 사이의 거리가 전위차에 미치는 영향이 실험적으로 규명된 예는 없다. 따라서 본 논문에서는 일차적으로 이차원 표면균열을 가진 시험편에서 전류 입출력점 사이의 거리가 직류전위차에 미치는 영향을 실험적으로 규명하려 하였다.

2. 실험

직류전위차법에서 전류 입출력점 사이의 거리가 전위차에 미치는 영향을 실험적으로 규명하기 위하여 알루미늄합금(KS D6701)으로 시험편을 3개 제작하였다. 시험편의 크기는 200(L) × 40(W) × 30(T) mm 이며, 시험편 길이의 중앙에 두께방향으

로 2차원 표면 균열을 대신하여 노치를 방전가공으로 삽입하였다. 삽입한 노치의 폭은 0.2 mm이며, 노치길이는 임의로 두께의 20%, 40% 그리고 60%인 6, 12 및 18 mm로 각각의 시험편에 다르게 삽입하였다.

실험의 계략도는 Fig. 1과 같다. 그림에서 전류 입출력점으로부터 균열면 사이의 거리를  $S_1$ , 그리고 전위차 계측점으로부터 균열면 사이의 거리를  $S_2$ 라고 하였다. 전위차 계측은  $\mu V$ 까지 계측 가능한 digital multimeter를 이용하여 수행했으며, 전류는 DC power supply를 이용하여 일정하게 직류전류를 공급하였다. 실험에 사용한 전류의 크기는 감도를 향상하기 위하여 5A로 하였다.

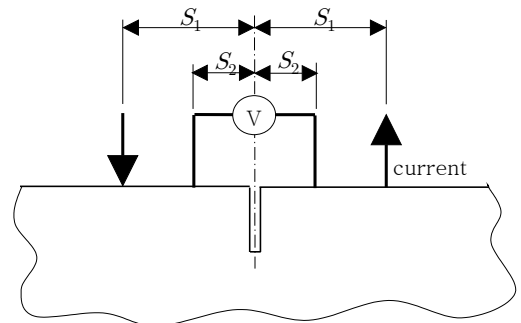


Fig. 1 Schematic diagram of potential measuring system

로 전위차 계측장치는 일정 전위차 계측점에 대하여 전류 입출력점의 위치를 자유롭게 조절할 수 있도록 Fig. 2와 같이 제작하였다. 계측장치는 투명 아크릴로 제작하고 직경 0.5 mm 편의 상하에 스프링을 삽입하고 투명 아크릴 상하의 조합을 볼트로 결합하여 만들었다. 전위차는 어떤 일정 전위차 계측

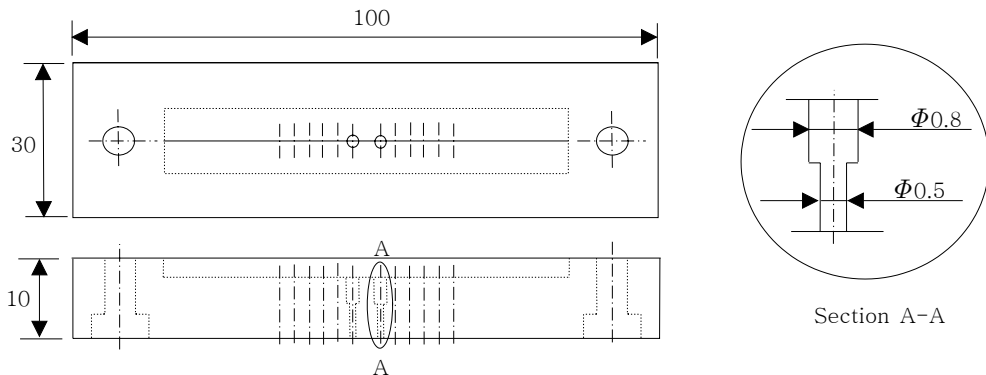


Fig. 2 Schematic diagram of a potential measuring probe

점 사이의 거리와 전류 입출력점 사이의 거리에 있어 계측을 실시한 후 상하조함의 결합을 해제한 후 전류 입출력용 핀의 위치를 이동함으로써 전류 입출력점 사이의 거리를 변경하고 다시 계측을 수행하는 방식으로 하였다. 전위차 계측은  $S_2$ 를 1, 3, 5, 10 및 15 mm의 5종류로 하고  $S_1$ 을  $S_2$ 보다 1 mm 큰 거리에서 최대 25 mm까지 변경하며, 노치의 길이가 각각 다른 3개의 시험편에 대하여 수행되었다. 시험편의 폭은 전류흐름의 변화가 전위차에 미치는 영향을 최소화하기 위하여  $S_1$ 의 최대치인 25 mm보다 큰 40 mm로 하였다.

### 3. 결 과

전위차 계측은  $S_2$ 를 1, 3, 5, 10 및 15 mm의 5가지로 일정하게 하고  $S_1$ 을 최대 25mm까지 변경하며, 노치의 길이가 각각 다른 3개의 시험편에 대하여 수행되었다. 실험을 통하여 얻은 결과는 Figs. 3~7과 같다. 그림들에서 일정  $S_2$ 에 대하여 가로축에는 전위차 입출력점 사이의 거리  $S_1$ 을 그리고 세로축에는  $S_1$ 의 변화에 따라 측정된 전위차 값을 나타내었다.

Figs. 3~7에서 전위차 값은 모두 일정  $S_2$ 에 대하여  $S_1$ 의 값이 증가함에 따라 반비례적으로 감소하고 있음을 알 수 있다. 특히 전위차 값은  $S_1-S_2$ 의 값이 3 mm 보다 작은 범위에서는  $S_1$ 의 값이 증가함에 따라 급격하게 감소하다가  $S_1-S_2$ 의 값이 3 mm 보다 큰 범위에서는 완만하게 감소한다. 따라서 직류전위차 계측에서 상대적으로 큰 전위차 값을 얻기 위해서는 전류 입출력점을 최대한 전위차 계측점 가까이 위치시키는 것이 유리함을 알 수 있었다. 그리고 모든 일정  $S_1$ 과  $S_2$ 에 있어 계측한 전위차의 크기는 노치의 길이에 비례하며 확연하게 차이가 있었다. 즉 노치의 길이가 길수록 전위차는 크게 나타났다. 이는 전류 입출력점과 전위차 계측점의 위치에 상관없이 직류전위차법이 비파괴검사수단으로 유효함을 알 수 있다.

또한 일정  $S_2$ 에서 노치 길이가 상대적으로 긴 18 mm인 시험편에서 측정된 전위차 값과 노치 길이가 상대적으로 짧은 6 mm에서 측정된 전위차 값과의 차는  $S_1-S_2$ 가 증가함에 따라 감소하였다.

예로 Fig. 3에서  $S_1=2$  mm,  $S_2=1$  mm일 때 노치 길이가 가장 짧은 6 mm의 시험편의 전위차 값은 75  $\mu V$  그리고 노치 길이가 가장 긴 18 mm의 시험편의 전위차 값은 91  $\mu V$ 이었으며,  $S_1=2$  mm,  $S_2=1$  mm일 때 균열길이 차에 따른 두 시험편에서의 전위차 값의 차는 16  $\mu V$ 이었다. 그러나  $S_1=25$  mm,  $S_2=1$  mm일 때 노치 길이가 6 mm인 시험편의 전위차 값은 5  $\mu V$  그리고 노치 길이가 18 mm인 시험편의 전위차 값은 9  $\mu V$ 이었으며,  $S_1=25$  mm,  $S_2=1$  mm일 때 균열길이 차에 따른 두 시험편 사이의 전위차 값의 차는 4  $\mu V$ 이었다. 이상의 경우에서 균열길이 차에 따른 전위차 값의 차가  $S_1$ 이 증가함에 따라 1/4로 감소하였다. 따라서 감도를 향상시키기 위한 방법인 전류 입출력점을 최대한 전위차 계측점 가까이 위치시킬 때 균열길이가 작은 균열도 효과적으로 비파괴검사 할 수 있음을 알 수 있었다.

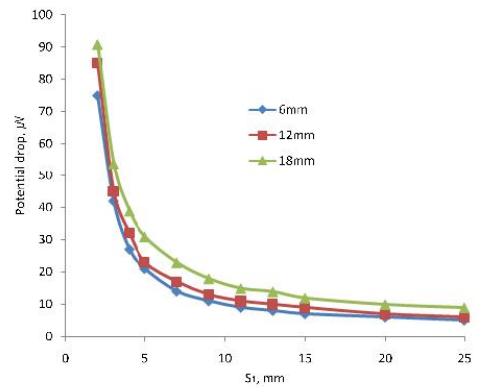


Fig. 3 Change in potential drop according to  $S_1$  in the case that  $S_2$  is 1 mm

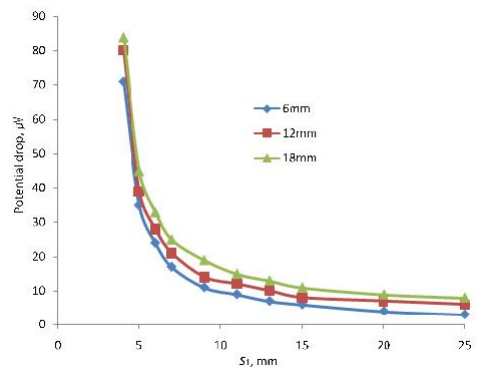


Fig. 4 Change in potential drop according to  $S_1$  in the case that  $S_2$  is 3 mm

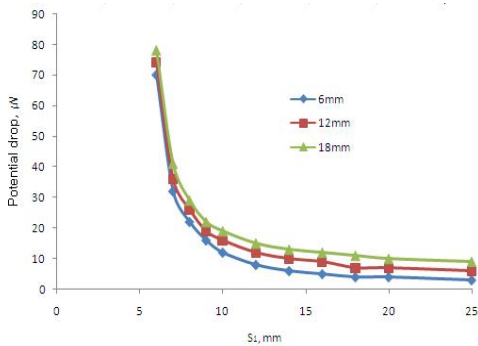


Fig. 5 Change in potential drop according to  $S_1$  in the case that  $S_2$  is 5 mm

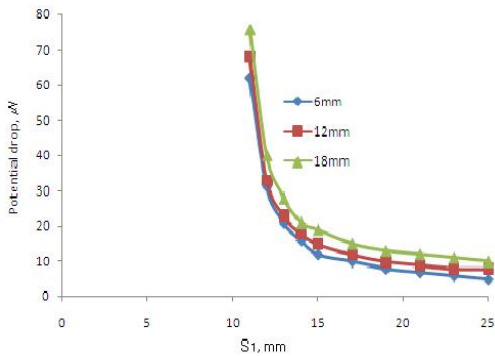


Fig. 6 Change in potential drop according to  $S_1$  in the case that  $S_2$  is 10 mm

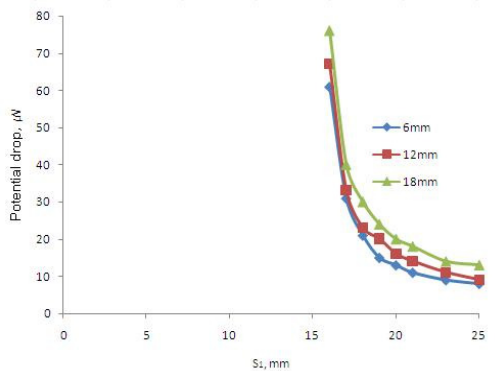


Fig. 7 Change in potential drop according to  $S_1$  in the case that  $S_2$  is 15 mm

#### 4. 결론

직류전위차법에서 전류 입출력점 사이의 거리가 전위차에 미치는 영향을 규명하기 위하여 일정 전위차 계측점 사이의 거리에 대하여 전류 입출력점 사이의 거리를 변화시키며 전위차를 계측하였다. 전

위차 값은 모두 일정  $S_2$ 에 대하여  $S_1$ 의 값이 증가함에 따라 반비례적으로 감소하고 있음을 알 수 있었다. 전위차 값은  $S_1 - S_2$ 의 값이 3 mm 보다 작은 범위에서는 급격하게 감소하다가 이후 3 mm보다 큰 범위에서는 완만하게 감소한다. 따라서 절대적으로 큰 값의 전위차를 구하기 위해서는 전류 입출력점을 전위차 계측점에 최대한 가까운 위치에 설치하도록 하는 것이 유리하다. 그리고 일정  $S_1$ 과  $S_2$ 에 있어 전위차는 노치의 길이에 비례한다. 즉 노치 길이가 길수록 전위차의 값은 크게 나타났다. 어떤  $S_1$ 와  $S_2$ 의 조합에서도 전위차 값은 노치 길이에 비례하고 있기 때문에 직류전위차법은 표면균열 측정에 유효한 수단이 될 수 있을 것이다.

노치길이의 차이에 따른 전위차 값의 차는  $S_1 - S_2$ 가 증가함에 따라 감소하였다. 이는 감도를 향상시키기 위한 방법으로  $S_1 - S_2$ 를 작게 하는 즉, 전류 입출력점을 최대한 전위차 계측점 가까이에 위치시킬 때 균열길이가 작은 균열도 효과적으로 비파괴검사 할 수 있음을 알았다.

#### 후 기

이 연구는 대구한의대학교 기린연구년제 기간 동안 수행되었습니다.

#### 참고문헌

- [1] H. H. Johnson, "Calibrating the electric potential method for studying slow crack growth," *Materials Research and Standards.*, Vol. 5, No. 1, pp. 442-445, (1965)
- [2] M. Saka, D. Hirota, H. Abé and I. Komura, "NDE of a 3-D surface crack using closely coupled probes for DCPD technique," *Transaction of the ASME*, Vol. 120, pp. 374-378, (1998)
- [3] M. Saka, A. Oouchi and H. Abé, "NDE of a crack by using extremely adjacent probes for DCPD technique," *ASME Journal of Pressure Vessel Technology*, Vol. 118, pp. 198-202, (1996)