

# 초음파적외선열화상을 이용한 절단 배관의 결함 검출 특성연구 Study on the Defects Detection Characteristic in Half pipe by Using Ultrasound Infrared Thermography

\*박희상<sup>1</sup>, #최만용<sup>1</sup>, 박정학<sup>1</sup>, 이재정<sup>1</sup>, 김수언<sup>1</sup>

\*H. S. Park<sup>1</sup>, #M. Y. Choi(mychoi@kriss.re.kr)<sup>1</sup>, J. H. Park<sup>1</sup>, J. J. Lee<sup>1</sup>, S. U. Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국표준과학연구원 안전측정센터

Key words : Infrared, Ultrasound, Thermography, Lock in, Dissimilar metal welded

## 1. 서론

2011년 동일본 대지진으로 인한 원전 설비의 방사능 누출은 현재 국내 전력공급의 중추적 역할을 담당하고 있는 원자력 발전의 불신에도 큰 영향을 미치고 있다. 더욱이 설계수명을 초과하여 연장운행을 거듭하고 있는 고리 원자력 발전 1호기의 잦은 정지는 더욱더 원자력 발전에 대한 반감을 더해주고 있는 추세이다. 국내 원자력발전소의 수명이 늘어 날수록 원자력 발전을 먼저 가동했던 원전 선진국에서 발생하였던 결함이 후행하여 원전설비를 가동중인 우리나라에서도 심심치 않게 발견되고 있다. 그중 가장 문제가 되는 부분중 하나는 원전배관에 활용된 이종용접부(Dissimilar metal welded)에서 발생하는 결함이라 하겠다. 이종용접으로 제작된 부분에서는 필연적으로 높은 압력과 열, 부식이 동반되는 운영조건하에 SCC(Stress corrosion cracking)이 생성되어 균열이 진전되는 위험성이 내포되어 있다. 이러한 SCC 균열의 경우 입계 균열과 입내균열이 동시에 나타나기도 하는 대부분 입계를 타고 균열이 진행되는 패턴이 주로 나타난다. 이러한 입계균열의 경우 균열이 처음 발생하였을 때 그 사이즈는 미세크랙으로 나타나 더욱 큰 결함으로 성장하는 과정을 보이게 된다. 이렇게 생성된 초기균열의 결함검출을 위하여 그동안 초음파탐상을 이용한 고전전 비파괴 검사 방법이나 위상배열 초음파가 주로 사용되고 있으나, 이종용접부에서 발생한 미세균열의 검출하는데 어려움이 따르고 있다. 적외선 열화상 검사방법은 모든 물체가 방사하는 열에너지를 검출할 수 있는 적외선 열화상 검출기를 통하여 검출하는 방법으로 본 연구에서는 초음파를 절단 배관의 외부에 가진 하였을 때 배관의 내측과 외측에서 발생하는 결함

부의 발열을 통한 결함검출 특성을 연구하였다.

## 2. 실험 장치

배관에 활용된 위상잠금 초음파 열화상기법은 초음파 가진을 검사시편에 인가하여 결함 부위에서 국부적인 열이 발생되도록 한다. 적외선 열화상 카메라는 초음파 펄스 인가 전, 후의 시간 경과에 따른 결함 부위의 발열현상의 진행상황을 기록 저장하고 이를 영상 처리하여 검사 시편의 결함을 찾아낸다.[1] 초음파-적외선 열화상검사 장치는 Fig. 1과 같이 구성된다. 초음파 가진장치와 적외선 열화상 카메라로 구성되며, 시험중 시험편과 외부 열원과의 열교환을 최소화하기 위해 단열챔버 내부에 시험장치를 구성하였다. 초음파 가진장치는 출력 200 Watt, 주파수 20 kHz이며, 적외선 카메라는 프랑스 Cedip의 silver 480 m 모델(NEDT: 25 mK)을 사용하였다. 실험에 사용된 배관은 탄소강인 SA106 B Gr. 와 스테인리스강인 STS 304 재질을 사용하여 제작하였다. 배관의 직경은 89 mm, 두께는 7.6 mm, 용접후 길이는 150 mm 로 제작되었다.

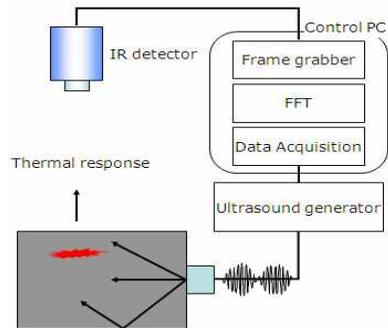


Fig. 1 Configurations of ultrasound excited thermography system

### 3. 실험 방법 및 결과

본 실험에서는 적외선 열화상의 검출 감도를 위하여 시험편 표면은 검정색 무광 페인트로 도포하여 0.95 이상의 방사율을 유지하였다. 또한 시험편은 양단을 지지할 수 있는 장치를 제작하여 양단을 지지한 후 절단 배관의 외측에 초음파를 가진하였다. Fig. 2는 실험에 사용된 절단배관의 내측 결함을 검출하기 위하여 침투탐상방법을 활용하여 축방향 균열과 원주방향 균열을 확인하였다.

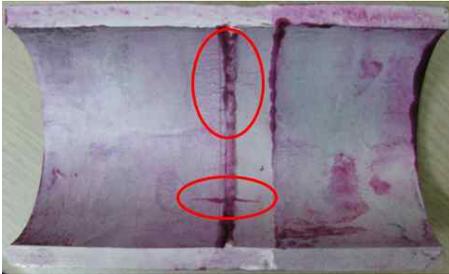


Fig. 2 Liquid penetrant testing of the half pipe specimen

Fig. 3은 실제 초음파 가진흔을 배관의 외측에 접촉하여 가진한 후 절단배관 내측에서 발생하는 열적 거동의 위상잠금(lock in) 열화상을 나타낸 것이다. 가진을 하였을 때 발생한 핫스팟(Hot spot) 형태의 결함은 크게 용접부의 축방향 결함과 원주방향결함이 동시에 검출되었다. 침투탐상에 현상된 결함 중 열화상 이미지를 통한 검증이 가능하였다. 배관의 외측에 가진흔이 접촉하고 있는 부분의 안쪽은 발열이 나타났으며, 배관의 양단을 고정한 부분에서도 일부 발열이 나타났다. 이는 가진흔이 실제 가진을 가하는 순간부터 접촉부위는 진동 및 마찰에 의하여 열이 발생하게 되며, 배관의 양단을 지지하고 있는 부분에도 배관의 가진시 전달된 초음파 진동이 영향에 따라 접촉부위에서 발열이 일어났다.

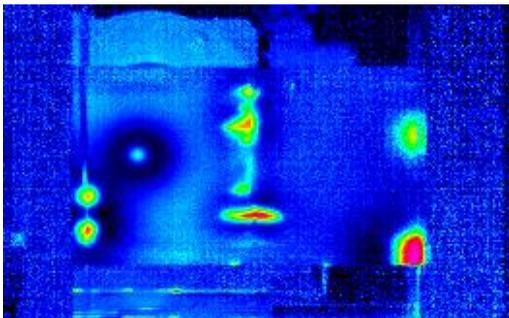


Fig.3 Ultrasound Lock in Infrared thermography of DMW pipe specimen (inside)

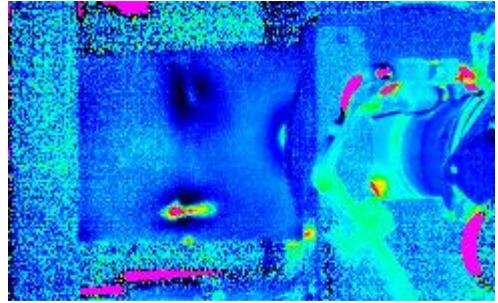


Fig. 4 Ultrasound Lock in Infrared thermography of DMW pipe specimen (outside)

Fig. 4는 초음파 가진을 가할 때 배관의 외측에서 발생하는 결함 검출 열화상을 나타낸 그림이다.

내측 결함의 경우 후면에 가진을 하고 정면에서 검출 영상을 획득할 수 있었지만, 절단된 외측에 초음파를 가진하고 외측 영상을 얻는데 어려움이 발생하여 부득이 하게 초음파 발진기로 인해 가려지는 부분을 최소화하기 위하여 카메라의 각도를 10° 돌려서 측정하였다. 검출된 이미지를 통하여 내측에서 발생한 큰 형태의 축방향 핫스팟 열화상 이미지는 외측에도 그대로 나타남을 확인할 수 있었다. 그러나 배관의 내측에서 나타난 원주방향의 결함은 상대적으로 잘 나타나지 않는 결과를 보였다.

이는 발열에너지가 상대적으로 적은 부분의 온도가 전도되며 감쇠됨에 따른 영향이라 하겠다.

### 4. 결론

SCC 결함이 포함된 결함 시험편의 외측에 초음파 가진을 하였을 때 나타난 시험편 내측에서 검출 결함은 외측에서도 핫스팟이 검출됨을 확인할 수 있었다. 이는 배관의 내측에 존재하는 결함을 시험편 외경에서 가진후 결함을 검출 할 수 있음을 나타낸다 하겠다.

### 후기

본 논문은 2010년도 지식경제부 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 결과입니다.

### 참고문헌

1. H.S. Park, M.Y. Choi, J.H. Park and S.S. Lee, 2010, "Using ultrasound infrared thermography to detect defects in pipes" QIRT10, pp. 761-762