

# IR카메라를 이용한 금속내부결함 평가

\*김재열<sup>1</sup>, 최철준<sup>2</sup>, 송경석<sup>3</sup>, 최승현<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 조선대학교 메카트로닉스공학과, <sup>2</sup>조선대학교 일반대학원 정밀기계공학과, <sup>3</sup>조선대학교, BK21첨단부품·금형기술인력 양성사업단

## Evaluation on the Materials Internal Defect by Using IR Camera

\*J. Y. Kim<sup>1</sup>, C. J. Choi<sup>2</sup>, K.S. Song<sup>3</sup>, S.H. Choi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dept. of Mechatronics. Eng., Chosun Univ., <sup>2</sup> Dept. of precision Mech. Eng., graduate school of Chosun Univ.

<sup>3</sup> Chosun Univ, BK21 Education Center of Mould Technology for Advanced Materials & Parts

Key words : Infrared Thermovision Camera, Internal Defect, Pulse Thermography, Reflection, Transmission

### 1. 서론

금속의 내부결함의 비파괴적 평가방법으로 RT와 UT등 여러 가지 방법이 사용되고 있다. 금속내부에 결함이 존재하면 금속과 결함의 열전도율에 차이가 나게 된다. 이를 이용하여 결함이 존재하는 부위와 그렇지 않은 부위의 온도차로 내부 결함의 존재를 확인 할 수 있다. 열전도율의 차에 의해 나타난 표면의 온도차는 적외선 열화상 카메라를 이용하여 광범위한 부위를 단시간에 파악함으로써 기존의 비파괴 검사법의 단점을 해소할 수 있다.

적외선 열화상의 원리는 물체의 표면에서 방출되는 적외선을 검출하여 그 물체의 온도 분포를 열화상으로 나타낸다. 적외선 열화상은 이와 같이 열적특성을 갖는 물질의 비파괴 평가에 유용하게 채택될 수 있는 2차원 비접촉 방식의 비파괴검사 기술이다.

적외선 카메라를 사용하여 물체의 내부를 분석 시에는 일반적으로 능동적인 촬영방법을 사용하며 물체에 전달되는 열에너지를 필요로 한다. 적외선 열화상은 결함의 열 저장, 크기, 표면에서의 깊이와 같은 비파괴평가 요건들에 대한 많은 정보들을 준다.

### 2. 실험 장비 및 열화상 원리

#### 2.1 Infrared Thermovision Camera

적외선 열화상 카메라는 외부의 광원에서부터 측정하고자 하는 물체에 반사되어진 적외선 파장을 검출하는 측정기이다. Stefan-Boltzmann Law에 의한 온도와 파장의 관계식을 이용하여 적외선 detector로부터 검출된 적외선 파장을 온도의 함수로 나타내어 온도의 고저를 화상으로 보여주는 것이다.

$$I_m = I(T_{obj}) \cdot \tau \cdot \varepsilon + \tau(1-\varepsilon) \cdot I(T_{amb}) + (1-\tau) \cdot I(T_{atm}) \quad (1)$$

Fig 1에서와 같이 총 표준 복사에너지는 식 (1)과 같이 표현할 수 있다. 첫 번째 항은 Radiation emitted by the surroundings and reflected in the object, 두 번째 항은 Radiation emitted by the object, 세 번째 항은 radiation emitted by the atmosphere.

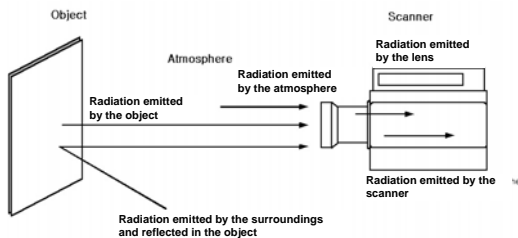


Fig. 1 Measurement situation of Infrared Thermography

#### 2.2 적외선 열화상 기법

적외선 열화상 테크닉은 기본적인 Pulse 적외선 열화상 테크닉과 Lock-in 적외선 열화상 테크닉, Pulse-phase 적외선 열화상

테크닉이 있다. Pulse Thermography 중에서도 관찰 기법에 따라 reflection 방법과 transmission 방법으로 나뉜다. reflection 방법은 Fig. 2에서 보듯이 열 자극 소스와 IR camera를 검출하고자 하는 구성품의 같은 면에 놓고 촬영을 하는 것이고, transmission 방법은 Fig. 3에서 보듯이 열 자극 소스와 반대 방향에서 IR camera로 촬영하여 데이터를 획득하는 방법이다.

이에 우리는 위 실험에서 Pulse 테크닉 방법 중 transmission 방법으로 실험을 하였다.

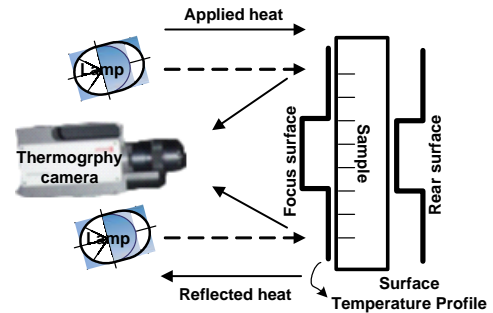


Fig. 2 Infrared Thermography (reflection)

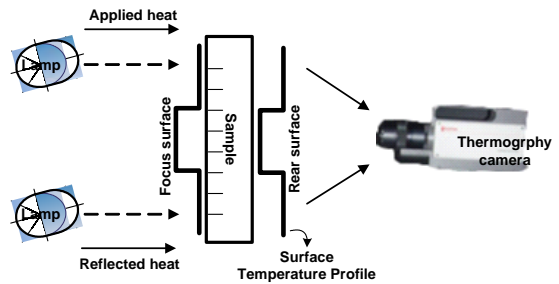


Fig. 3 Infrared Thermography (transmission)

#### 2.3 Producing specimens.

적외선 열화상 카메라를 사용하여 금속내부에 있는 결함을 검출하기 위한 인공결함 시험편은 Stainless steel을 이용하여 외형을 50mm×50mm×15mm(L×W×T)의 크기로 제작하였다. 결함으로는 용접부에 발생하는 기공을 가상하여 결함을 지름 20mm의 크기의 원형 결함과, 시험편 양쪽으로 관통되어진 사각형 모양의 결함을 제작하였다. 결함의 형상과 깊이는 Fig. 4에 나타내었다. Table 1은 실험에 사용된 소재에 대한 사양이다.

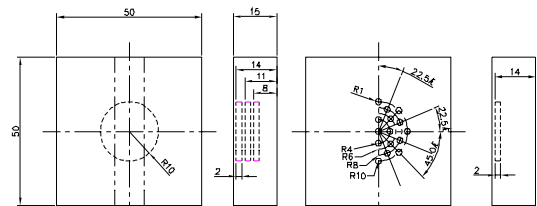


Fig. 4 Defect position in the metal

Table 1 Property and Dimensions of Exp. Material

	Dimension (L×W×H, mm)	Thermal Conductivity (k, W/mK)
Stainless	50×50×10	14.40
Air (Defect)	Ø20, 10×50, 25-Ø2	0.014

2.4 Experimental Component.

IR 열화상 검사의 난점은 검사표면으로 많은 양의 열에너지를 균일하게 공급하는 것이다. 제작된 시험편의 적외선 열화상 카메라 촬영을 위해서는 일정한 온도로 가열하는 장치가 필요하다. 본 연구에서는 빛을 이용하여 시험편의 표면을 균일하게 가열하였고, 시험편으로 10mm 떨어진 위치에서 할로겐 램프를 이용하여 가열하도록 설계하였다. 시험편의 주위는 실제 용접조건과 같게 하기 위하여 단열은 하지 않았다. 또한 외부 열원을 차단하여 최적의 실험 상태를 유지하기 위해서 암실을 제작하여 그 안에서 실험을 진행하였다.

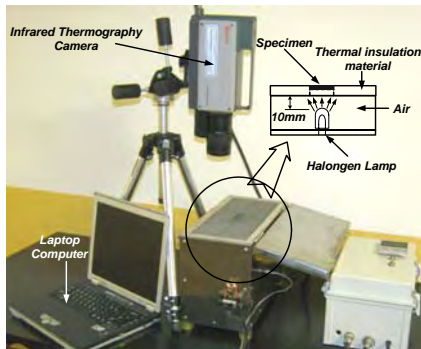


Fig. 5 Component of experiment system

3. 실험방법 및 결과

실험 방법은 결함의 형상과 깊이가 각기 다른 시험편을 제작하고 시험편의 한쪽 면에서 할로겐 램프로 가열하고 열전도율의 차에 의해 발생하는 반대면 열분포를 적외선 열화상 카메라로 측정하는 방식으로 실험을 진행하였다. 또한 적외선 열화상 카메라와 시험편간의 거리는 대기의 영향으로 적외선이 감쇠되는 것을 최소화시켜 선명한 열화상을 얻기 위해 카메라의 최적 초점거리(0.5M)로 하였다.

시험편의 가열 방법은 60W의 할로겐 램프를 이용하였고 램프의 온도는 약 200℃이며 램프와 시험편간의 간격은 10mm로 하여 빛에 의한 직접적인 가열 방법을 택하였다. 시험편의 표면은 금속에서의 난반사 방지와 방사율 조절을 위하여 블랙 페인트를 도포하였다. 열화상 이미지는 10초에 한 프레임씩 촬영하였으며, 각 시험편당 10분간 총 60프레임을 촬영하였다.

무결함 시험편과 결함 시험편과 비교하기 위하여 무결함 시험편만의 특성을 파악하기 위하여 비교 대상 군에 첨가하였다.

정성적인 결함검출에서 열화상 이미지의 정확한 취득을 위해서 시험편 표면의 고른 방사율 보정이 필요함을 알 수 있었다.

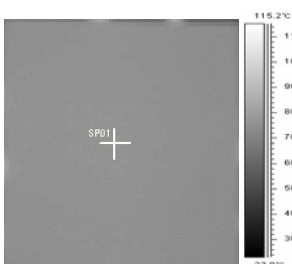


Fig. 6 IR image for specimens

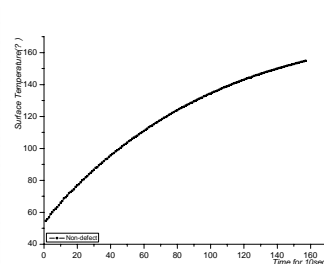


Fig. 7 Temp. for specimens

Fig. 8 ~ 9는 각각의 시험편을 2분간 가열했을 때 결함 형상과 결함 깊이에 따른 열화상 이미지와 표면의 시간 온도그래프이다.

열화상 이미지에서 보이는 것과 같이 결함의 깊이(1mm, 4mm, 7mm)와는 상관없이 각각의 결함의 형상에 따라 결함검출이 선명하게 됨을 확인할 수 있다. 결함 부위와 무결함부위의 온도차는 평균 2 ~ 4℃의 차이를 보임을 알 수 있었으며, 결함의 깊이에 따른 변화는 결함이 표면과 가까워질수록 온도차가 적어짐을 알 수 있다. 이는 금속의 두께와 열전도율의 상관관계에 따라 열전도율이 클수록 열이 통과하는 재료의 두께가 작을수록 온도 차이는 적다는 것을 알 수 있다.

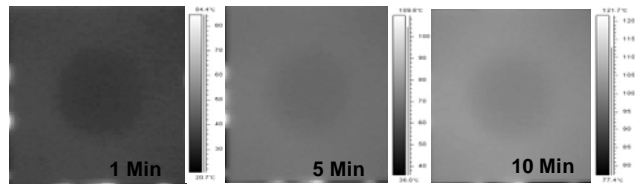


Fig. 8 IR image for specimens with circle defect

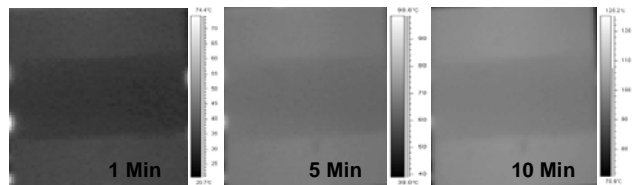


Fig. 9 IR image for specimens with rectangle defect

4. 결론

본 논문에서는 할로겐 램프로부터 결함 시험편에 열을 주입하여 결함을 검출하는 Pulse 적외선 열화상 방식에 의해 결함을 검출하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다

1. 금속 내부의 결함의 형상과 깊이를 다양하게 변화시켜 적외선 열화상 이미지를 통하여 결함 검출이 가능함을 확인할 수 있었다.
2. 정량화된 적외선 열화상을 통하여 결함의 형상과 위치의 추측이 가능하다.
3. 재료의 열전도율에 따른 열화상 데이터를 정량화하여 Reference Data를 확보하였다.
4. 본 연구에서 확보한 Reference Data를 이용하여 열전도율에 따른 금속내부의 건전성 유무를 판별할 수 있는 시스템 구축이 가능하다.
5. 차후 연구로써는 가열후 냉각상태에서의 열화상 이미지를 분석하여 적외선 열화상 카메라를 이용한 결함의 검출이 가능한지를 연구할 계획이다.

참고문헌

1. D. Y. Yang, C. H. Kim and J. Y. Kim., 2004, Key Engineering Material Vol. 274, pp.463
2. Cielo P, Maldaue X, Eeom Aa, Lewak R., 1987, "Thermographic Nondestructive Evaluation of Industrial Materials and Structures", The American Society for Nondestructive Testing, Vol 45. pp. 452-465
3. Robert Madding, Gray orlove., 2004, INFRAMATION 2004 Vol. 5.
4. Cawley P., 1994, The Rapid Nondestructive Inspection of Large Composite Structures, pp. 351-357
5. Hobbs CP, Temple A., 1993, "The Inspection of Aerospace Structure using Transient Thermography", British Journal of Nondestructive Testing, pp. 183-189