

# 열화상 카메라를 이용한 원통형 물체의 온도측정 Thermometry of a round object using Infrared thermography camera

\*정덕윤<sup>1</sup>, #김경석<sup>1</sup>, 정현철<sup>1</sup>, 김동수<sup>1</sup>, 양성모<sup>2</sup>

\*D.W. Jung<sup>1</sup>, #K.S. Kim(gscskim@chosun.ac.kr)<sup>1</sup>, H.C. Jung<sup>1</sup>, D.S.Kim<sup>1</sup>, S.M. Yang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>조선대학교 기계설계공학과, <sup>2</sup>전북대학교 기계시스템공학과

Key words :thermometry, Infrared thermography, round Specimen,

## 1. 서론

적외선 열화상기술(Infrared thermography technique)은 대상체의 표면 복사에너지를 검출하고 이를 온도로 환산하여 실시간으로 영상을 제공함으로써 재료의 열적특성평가, 전력시설물 열화진단, 복합재료 결함검사, 건축물 단열평가, 체열측정을 통한 의료진단 등의 분야에 활용 되고 있다<sup>1</sup>. 적외선 열화상에 의한 비파괴 검사는 대상체 자체에서 발산하는 복사에너지를 검출하여 건전성을 평가하는 수동형 검사기법(passive technique)과 외부에서 대상체를 자극하고 그 응답특성을 평가하는 능동형 검사기법(active technique)으로 나누어 질 수 있다<sup>2</sup>. 일반적으로 적외선 열화상기술에 의한 비파괴 검사는 검출소자를 이용하여 대상체로부터 발산되는 적외선 파장을 검출하여, 그 적외선량을 온도로 변환한 적외선영상 또는 열영상으로 나타내고 이를 통해 보여지는 결함부와 건전부의 온도차 즉, 2차원 이미지로 제공되는 열화상에서 온도장의 왜곡을 관찰함으로써 결함의 유무를 판별한다.

하지만 측정부위가 2차원 면이 아닌 원통의 경우처럼 3차원의 형태를 취할 때, 적외선 파장의 방향이 평면과는 다르게 발산되며 검출 소자에 입사된 적외선량도 달라지게된다. 이로 인해 대상체의 실제 표면 온도가 일정하더라도 열화상카메라로 측정된 온도는 위치에 따라 다르게 나타나는 오차를 가지게 된다.

본 논문에서는 열화상카메라를 통해 원통 형태를 가지는 대상체의 온도를 측정하고 위치에 따른 측정 온도의 오차 분석을 수행 하였으며 더불어 요철형태 대상물의 온도측정을 통한 형태에 따른 방사률의 변화를 확인하였다.

## 2. 이론

모든 물체는 온도를 가지고 있으며, 이 온도에 대응하는 적외선 파장대역에서 적외선 에너지를 방출하게된다.

$$\frac{dR(\lambda, T)}{d\lambda} = \frac{2\pi hc^2 \lambda^{-5}}{e^{\{hc / \lambda kT\}} - 1} \quad (1)$$

위의 식(1)은 Plank의 흑체복사이론으로 흑체복사의 성질(에너지의 크기, 파장)과 흑체의 온도사이에 간단한 관계가 성립하고, 흑체복사체에서 단위시간에 방출되는 파장의 복사량은 온도에 의해서만 결정된다는 흑체복사의 성질로부터 흑체의 온도를 구할 수 있다. 여기에서 Planck's constant  $h=6.6256 \times 10^{-34}$  J-s, Boltzmann's constant  $k= 1.38054 \times 10^{-23}$ , Speed of light  $c=2.998 \times 10^8$  ms-1이다. 열화상기술(Infrared thermography technique)은 방출된 에너지량을 측정하여 검출에너지량과 온도의 상관관계를 이용하여 온도영상을 제공하게 된다.

$$\int_0^\lambda \frac{dR(\lambda, T)}{d\lambda} \quad R_t = \sigma T^4 \quad (2)$$

식(2)는 Stefan-Boltzmann's law로 흑체의 단위표면적으로부터 단위시간에 방사되는 전방사 에너지는 절대온도 T의 4승에 비례

한다는 이론이다. 위에서 서술한 식(1)Planck's law와 식(2) Stefan-Boltzmann's law을 이용하여 열화상 카메라를 통한 온도 측정이 가능하게 된다.

## 3. 시험장치 및 방법

동일한 표면 온도를 가지는 3차원 형상체의 위치에 따른 온도 추이를 측정하기 위하여 직경과 재질이 일정한 원통형 시험편과 요철형 시험편, 그리고 비교를 위한 직육면체 시험편을 진공 챔버를 이용하여 가열한 후 공기 중 방랭 하였으며, 그에 대한 온도 추이를 적외선 열화상장비(Infrared thermography equipment)를 이용하여 측정하였다. 시험편은 산업현장에 많이 사용되는 스테인리스 강(STS 304)이며, 형상은 Fig. 1과 같으며 시험편의 물성은 Table 1표시하였다. 적외선 열화상 시험장치는 Silver 480(FLIR Co.) 상용 제품을 사용 하였으며, 분해능은 0.02 °C이다. 시험편의 표면은 방사율을 1에 가깝게 유지하기 위하여 흑색 방사페인트(방사율: 9.5)를 도포 하였다.

Table 1 Thermophysical properties of STS304 (AISI 304)

열전달계수(k)	밀도( $\rho$ )	비열(c)	열확산계수( $\alpha$ )
16.2 W/m-K	8000 kg/m <sup>3</sup>	500 J/kg-K	4.05x10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> /s

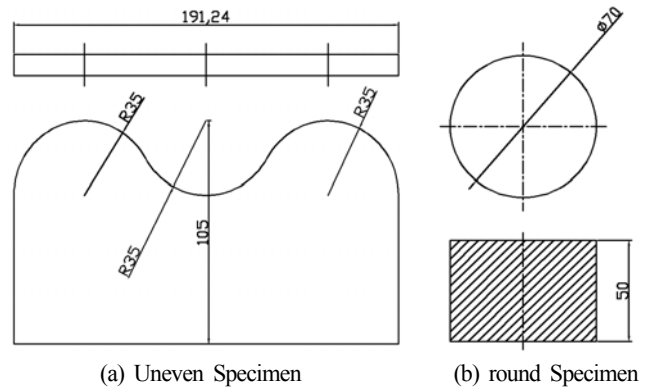


Fig. 1 Schematic of Specimen

## 4. 시험결과 해석

본 실험은 압력챔버를 이용하여 시험편을 50°C에서 40°C까지 방랭 하였고 열화상 카메라를 이용하여 시험편의 온도 변화를 측정하였다. 실험을 통하여 원통 형태와 육면체 형태 시험편의 열화상 이미지를 Fig. 2와 같이 얻을 수 있었으며, 이를 통해 같은 선상의 온도 값을 측정하였다. Fig. 3은 Fig. 2를 통해 얻은 위치에 따른 온도 선도를 나타낸 것이다. 동일 가로 축 선상의 온도 분포는 원통형 시험편의 경우 카메라 기준 정면에서 양측으로 갈수록 온도가 낮게 측정됨을 확인 할 수 있었다. 육면체형태의 시험편은 중앙과 양측부 사이에 적은 온도 차이가 남을 확인 하였다. 두 시험편의 온도선도를 비교한 결과 Fig. 3에서 볼수 있듯이 원통형 시험편의 경우 ±25 지점부터 급격히 온도값이 작아 짐을 확인하였다. 이 결과를 통해 실제 전 영역에서 같은 값을 가지는 원통형 시험편의 표면온도가 실제와 다르게 측정됨을 확인하였다. 나아가 굴곡이 있는 면의 온도 측정 시 표면의

형태가 측정온도에 미치는 영향을 확인하기 위하여 Fig. 1의 원통형 시험편의 반경 크기의 요철을 가지는 시험편을 위와 동일한 과정을 통하여 온도를 측정하였고 이를 Fig. 4와 Fig. 5에 나타내었다. 중앙부가 오목한 요철 형태의 형상을 가지는 시험편은 Fig. 4에서 확인 할 수 있듯이 중앙부의 오목한 부분의 온도가 가장 높게 측정 되었다. 이것은 복사되는 과장의 진행 방향의 영향으로 오목한 부분의 방사에너지 중복이 원인으로 사료 된다.

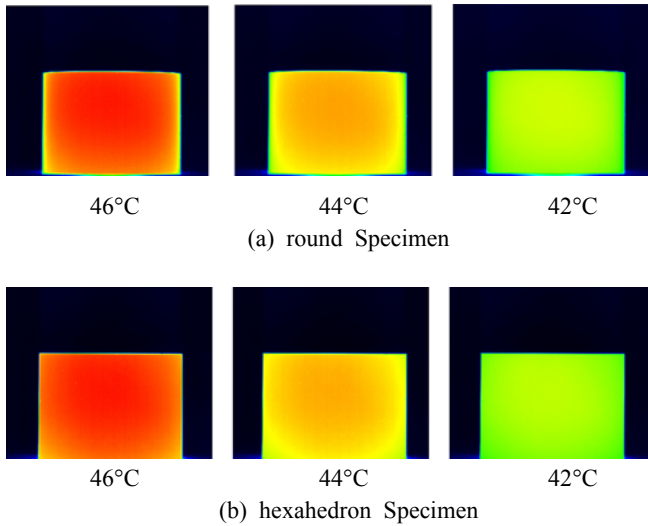


Fig. 2 Infrared thermography of each Specimen

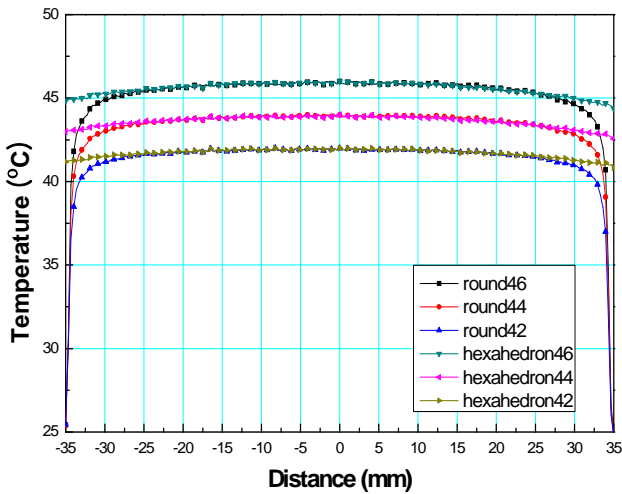


Fig. 3 Temperature of each Specimen

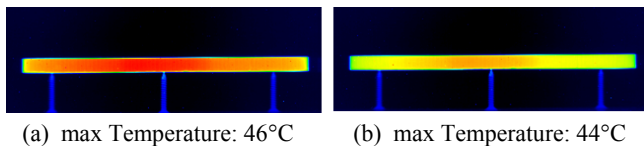


Fig. 4 Temperature of Uneven Specimen

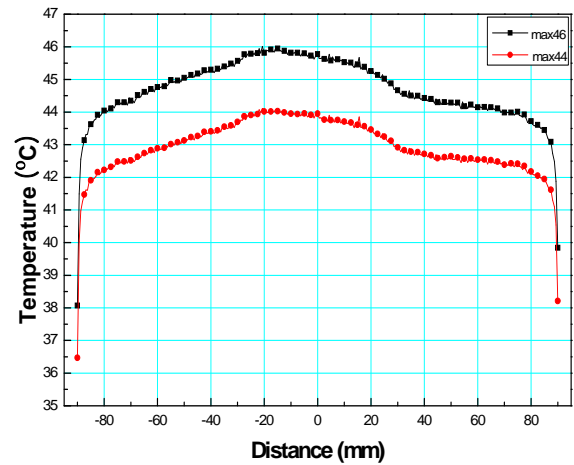


Fig. 5 Temperature graph of Uneven Specimen

### 5. 결론

본 논문에서는 원통시험편과 육면체 시험편의 표면온도측정 실험을 통해 배관, 축(shaft) 처럼 원통형태의 물체의 온도 측정 시 중심점을 기준으로 표면의 원주방향 너비가 91°가 넘는 영역은 신뢰성이 떨어짐을 알 수 있다. 또 열화상 카메라를 통한 온도 측정 시 적외선 과장의 진행 방향이 표면 형상에 따라 영향을 받고 이것은 방사물에 영향을 미침을 알 수 있다. 측정자는 이점을 고려하여 측정 위치를 선정해야 한다. 또 구멍이 폐이거나 혹은 안쪽으로 들어간 형태를 지닌 물체의 온도 측정시 복사 에너지의 중복으로 인해 방사에너지가 크게 나옴을 고려 해야 한다. 표면 형상이 측정온도에 미치는 영향과 오차 개선은 향후 추가 연구가 필요하다.

### 후기

이 논문은 과학기술부 지원으로 수행하는 방사선기술개발사업으로 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. G. Gaussorgurs, "Infrared thermography," translated by Chomet, S., Chapman & Hall, London, (1994)
2. X.P.V. Maldague, "Trends in optical nondestructive testing and inspection," Rastogi P.K., Inaudi D, editors, Elsevier Science, Switzerland, (2000)
3. W. Thomson, (Lord Kelvin), "On the dynamic theory of heat," Trans. Soc. Edinburgh, Vol. 20, pp. 261-283, (1853)
4. B.J. Rauch and R.E. Rowlands, Thermoelastic stress analysis in Handbook on experimental mechanics ed by A.S. Kobayashi, SEM (1993).
5. Pierre Bremond and Pierre Potet, Cedip Infrared System : Application of Lock-in thermography to the measurement of stress and to the determination of damage in material and structures., QIRT conferences 2000