

# 열화상카메라를 이용한 인장 속도별 온도 변화율 측정 Measurement of Temperature Change Rate by Tensile Velocity using Infrared Thermography Camera

\*박찬식<sup>1</sup>, 정현철<sup>2</sup>, 장호섭<sup>3</sup>, 김동수<sup>1</sup>, 김경석<sup>2</sup>

\*C. S. Park<sup>1</sup>, H.C.Jung<sup>2</sup>, H.S.Chang<sup>3</sup>, D.S.Kim<sup>1</sup>, #K. S. Kim(gsckim@chosun.ac.kr)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>조선대학교 대학원 첨단부품소재공학과, <sup>2</sup>조선대학교 기계설계공학과 <sup>3</sup>조선대학교 레이저센터

Key words : Thermometry, Infrared Thermography, Tensile Speed

## 1. 서론

현대산업에서 각종 구조물의 안정성에 대한 신뢰도가 중요한 문제로 여겨지고 있다. 모든 재료는 완전무결 할 수 없기 때문에 재료의 가공 및 사용중에도 결함이 발생하여 재료의 수명에 영향을 준다. 따라서 재료의 결함을 조기에 발견하고 조치 할 수 있는 비파괴 검사가 부각되고 있다.

그 중에서 대표적인 비파괴검사 기술인 적외선 열화상 기술(Infrared thermography technique)은 대상체의 표면 복사에너지를 검출하고 이를 온도로 환산하여 실시간적으로 영상을 제공함으로써 재료의 결함검사 및 열적특성평가 등에 활용되는 검사기법으로 본 논문에서 이를 활용하여 실험하였다[1,2].

적외선 열화상 기술을 이용하여 표준시험편의 인장속도(3mm/min, 5mm/min, 7mm/min)에 따른 온도변화의 관계를 연구하였다.

## 2. 이론

대상체가 외력에 의해 변형되면 탄성구간 내에서 열탄성 방정식은 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$pc \frac{\partial T}{\partial t} = - \frac{E}{1-2\nu} \alpha T_a \frac{\partial \epsilon}{\partial t} \quad (1)$$

여기에서,  $p$ 는 밀도,  $c$ 는 비열,  $T$ 는 물체의 온도 변화,  $t$ 는 시간,  $E$ 는 탄성계수,  $\nu$ 는 포와송 비,  $\alpha$ 는 열팽창계수,  $T_a$ 는 주변온도,  $\epsilon$ 는 외력에 의한 물체 변형이다. 식(1)은 재료감쇠에 의한 비가역적  $\partial \epsilon / \partial t$  항과 시간에 의존하는  $T_a$ 항으로 인하여 비선형방정식으로 나타나며 응력-변형율의 관계가 선형을 유지한다고 가정한다면, 선형미분방정식으로 취급하여 식(1)은 다음 식(2)와 같이 쓸 수 있다.

$$\Delta T = - \frac{\alpha}{pc} T_a \frac{E}{1-2\nu} \Delta \epsilon = - K_m T_a \Delta \sigma_{1,2,3} \quad (2)$$

재료내부에는 미세한 결함을 갖고 있어서 이러한 미세 동공들이 합쳐져 파괴에 이르게 된다. 균열이 존재하는 계에 외력이 가해지면 재료의 단면적이 급격하게 변하므로 이 부분 주변에 응력집중이 생기면서 이에 따라 소성역의 발생에 따른 에너지가 발생된다. 본 실험에서는 인장시험기를 이용하여 STS304 시험편을 파단까지 인장을 하였다[3].

## 3. 실험장치 및 방법

시험편의 인장을 하기 위해서 인장시험기(UTM)를 사용하였다. 인장시험기는 일본 Shimadzu사의 (AG-IS Trapezium) 제품을 사용하였고 인장시 발생하는 열을 측정하기 위해서 적외선 열화상 실험장치를 사용하였고 시험장치는 Silver 480(FLIR Co.) 상용 제품을 사용 하였으며 분해능은 0.02°C 이다. 시험편은 산업설비에 많이 사용하는 스테인리스강 (STS304)이며, 형상은 Fig.1과 같다.

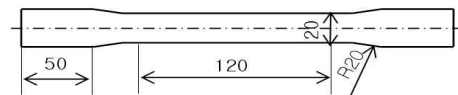


Fig.1 Shape of specimen (unit:mm)

시험편의 표면 방사율은 1에 가깝게 유지하기 위하여 흑색 방사페인트를 시험편에 도포하였다. 시험편의 인장 속도는 3mm/min, 5mm/min, 7mm/min 의 3가지 속도로 인장하였다. 인장과 동시에 IRT를 이용하여 각 인장 속도별 온도를 측정하였다. 본 실험에서 시험장치의 구성도는 Fig.2와 같다.

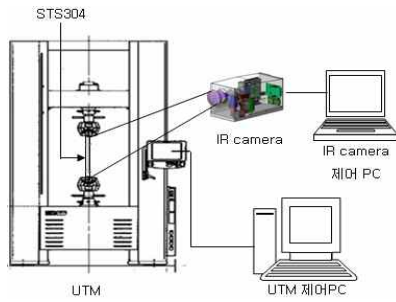


Fig.2 Experimental setup

### 3. 실험결과

인장속도별 온도변화를 알아보기 위해 인장속도별로 시험편의 인장을 실시하였다. 열화상카메라를 이용하여 온도를 측정하였으며 인장속도별 시험편의 온도변화에 따른 실험결과를 Fig.3에 나타내었다.

Fig.3에 (a), (b), (c) 그래프에서 인장 속도가 (3mm/min, 5mm/min, 7mm/min)일 때의 인장 속도에 따른 온도 변화율을 측정하였다.

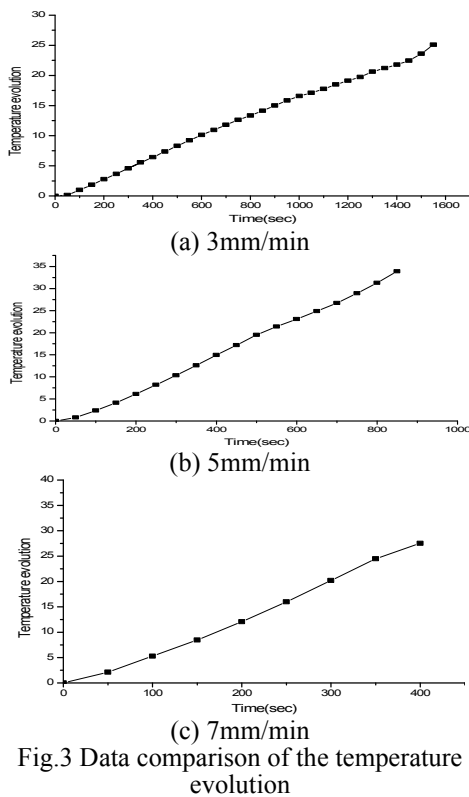


Fig.3 Data comparison of the temperature evolution

이 결과에서 확인 할 수 있듯이 인장속도가 증가함에 따라 열에너지의 생성이 증가하여 온도가 더 빠르게 상승한다는 것을 확인 하였다. Fig.4 에서는 Fig.3. 데이터를 이용하여 각각의 인장속도에 따른 온도변화의 기울기 결과를 통하여 각 인장속도별에 따라서 온도의 변화가 선형적으로 증가하는 것을 확인 하였다. 이를 통해 STS304( $t=3mm$ )재질 시험편의 최소인장속도가 1.6mm/min이 됨을 확인할 수 있었다.

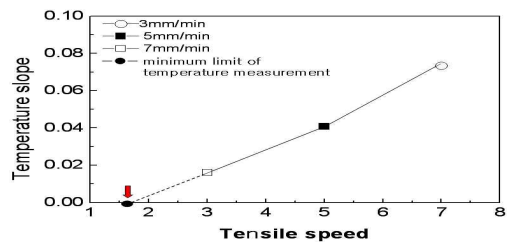


Fig.4 Tensile speed of the temperature slope

### 4. 결론

본 논문에서는 인장 시 발생하는 시험편의 온도 변화율을 알아보고 각 인장 속도별로 이들의 변화를 관찰 하였다. 시간의 변화에 따른 온도변화가 인장속도가 증가됨에 따라 증가하였고 시험편이 인장될 때 국부수축이 일어나는 곳에 온도상승이 급격하게 증가하는 것을 확인하였다. 이를 이용하여 인장속도별에 따라 온도 변화율이 선형적인 관계를 가지는 것을 확인 하였고 또한 열화상 카메라를 통한 온도 측정을 통해 본 시험편의 인장을 실험을 하기 위한 최소한의 인장 속도를 제시하였다.

### 후기

이 연구는 한국산업기술진흥원의 지역혁신인력양성사업의 지원을 받아 수행한 연구임.

### 참고문헌

1. G.Gaussorgurs, "Infrared thermography" Translated by S.Chomet, Champmam & Hall, London, pp.415-452, 1994
2. X.P.V.Maldague, "Trends in optical nondestructive testing and inspection," Rastogi P.K., InaudiD, editors, Elsevier Science, Switzerland, 2000
3. Anderson, T.L, "Fracture Mechanics", CRC press, Boca Raton pp.52-72, 1995