

## 자동차 엔진블럭의 미세크랙 검출을 위한 초음파 서모그래피 기법에 관한 연구

김성현\* · 김재열\*\*\* · 최승현\*

\* 조선대학교 첨단부품소재공학과, \*\* 조선대학교 메카트로닉스공학과

### Ultrasound Thermography Technique for Detecting Micro Defects in Vehicle Engine Block

Sung Hyun Kim\*, Jae Yeol Kim\*\*\* and Seung Hyun Choi\*

\* Dept. of Advanced Parts and Materials Engineering, Chosun Univ.,

\*\* Dept. of Mechatronics Engineering, Chosun Univ.

(Received July 10, 2012 ; Revised August 21, 2012 ; Accepted January 25, 2013)

**Key Words:** Nondestructive Evaluation(비파괴평가), Engine Block(엔진블럭), Ultrasound Thermography(초음파 서모그래피)

**초록:** 적외선 열화상 기술은 넓은 면적을 동시에 검사할 수가 있고, 크랙 또는 박리와 같은 결함을 실시간으로 검출할 수 있으며, 일반적으로 적외선 열화상은 열복사로 피사체에서 방사되는 적외선 영역을 열화상 카메라를 통하여 가시적인 화상을 만들어 주는 기술이며 모든 물체의 분자가 열에 의해 교란되어 발생하는데 분자 운동은 물체의 온도가 올라가면 증가하고 온도가 내려가면서 감소한다. 본 연구에서는 초음파 서모그래피 기술과 기법의 적용과 타당성을 확인하여 엔진블럭의 자동차산업 전반에 수요가 많은 대상체로 하였고, 결함 부위에 비파괴 신뢰성평가에 대한 실험을 수행하여 기술하였다.

**Abstract:** An infrared thermography technique can be used to inspect a large area simultaneously and to detect defects such as cracks or delaminations in real time. Infrared thermography is a technique in which visual images are formed from the infrared range from subjects according to their thermal radiation. The molecules of all objects are disturbed by heat, and the molecular motion becomes more active when the temperature rises and less active when the temperature falls. In this study, the applicability and feasibility of ultrasound thermography for detecting defects in an engine block, which is a key component in the automobile industry, were verified. A nondestructive reliability test was conducted to study the defects, after which the results were analyzed.

#### 1. 서론

현재 자동차 부품을 검사하기 위한 일반적인 수단으로 절단 또는 방사선 투과검사 기법을 사용하고 있다. 절단 검사는 내부 품질 및 결함을 정확히 파악할 수 있다는 장점이 있지만 부품이 훼손되고 절단면 이외에는 검사할 수 없다는 단점이 있다.

반면 방사선 검사의 경우 비파괴 검사라는 장점이 있지만 결함의 정확한 형상과 위치를 파악

하기 어렵다는 한계를 가진다. 이러한 문제점으로 전산화 단층촬영에 대한 연구가 H사에서 진행되고 있다. 하지만 수백 kV급 단층촬영기를 사용하면 알루미늄 부품의 외부와 내부에 대한 효과적인 분석이 가능하나 반면 철강 재료와 고분자 등의 소재는 투과력과 해상도 등의 문제로 적용 범위가 제한적이다. 또한 장치의 부피가 크며, 알루미늄 부품의 단층 이미지 1장을 촬영하는데 필요한 시간이 1분정도 소요되므로 전체 제품을 스캔하는 경우 엔진 블록과 같은 부속품은 약 5시간, 소물류의 경우 1~2시간 정도가 필요하다. 그러므로 샘플링 검사나 소량 생산품의 내부 품질 확인에 적합한 반면, 즉시 소재내부 품질 판

† Corresponding Author, [jykim@chosun.ac.kr](mailto:jykim@chosun.ac.kr)

정을 판별해야 하는 대량 생산 라인이나 현장에서는 적용하기 어렵고, 엔진블럭의 경우 열과 압력에 의한 균열에 상시 노출되어 있다.<sup>(1)</sup>

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 초음파 서모그래피 기법을 적용하여 엔진블럭의 미세균열 대한 비파괴 신뢰성 평가를 수행하고자 한다.

## 2. 초음파 서모그래피 측정원리

초음파가 물체의 결함 부위를 통과 할 때 서로 맞닿은 두 결함 면은 균일하게 진동하지 않는다. 결함 면 사이의 마찰이 탄성파의 일부를 열로 변환시킨다. 이러한 발열현상을 적외선 열화상 카메라로 관측하면 구조물의 균열과 같은 결함을 효율적으로 검출할 수 있다. 고에너지 초음파 펄스(폭: 50 ~ 300ms, 주파수: 20 ~ 40kHz, 진폭: 2kV)를 검사시편에 인가하여 결함 부위에서 국부적인 열이 발생되도록 한다. 적외선 열화상 카메라를 이용하여 초음파 펄스 인가 전후의 시간 경과에 따른 결함 부위의 발열 현상을 관측한다. 주파수의 초음파는 수십 cm의 파장 성분을 갖는다. 또한 파장 길이보다 훨씬 먼 거리를 진행 할 경우에도 초음파는 충분한 진폭 에너지를 가지면서 전파된다. 재료의 손실이 없을 겨우 초음파는 감쇠 없이 수파장 이상의 거리를 전파할 수 있다. 일반적으로 고체에서 음파의 속도는 수 km/s이다. 초음파 여기 펄스가 인가되는 순간에 1m<sup>2</sup> 이내의 크기를 갖는 구조물의 전 검사 영역을 음장(sound field)이 완전히 투과한다. 수 kHz 대의 영상 획득시간을 갖는 초고속 적외선 열화상 카메라를 이용할 경우 수십 μs이내에 결함을 검출할 수 있다. 따라서 구조물의 결함 부위에서의 발열

을 효과적으로 여기하기 위해 가청 주파수의 경계에 위치하는 15kHz ~ 40kHz 대역의 여기 주파수를 사용하며 일반적으로 20kHz 대역이 널리 사용된다.<sup>(1-3)</sup> Fig. 1은 초음파 서모그래피의 결합 검출 원리를 나타내고 있다.

## 3. 시험장치 구성

### 3.1 적외선 열화상 카메라

본 연구에 사용된 적외선 카메라는 AGEMA사에서 제작한 Thermovision 900 SE/TE 기종이며 빛이 물체에 방사되어 나오는 각종 파장 중에서 적외선 부분만을 검출해 내어 온도분포를 측정한다. 적외선 열화상 카메라 스캐너의 냉각방식은 TE(Thermal Electric)이며 검출형태는 2개의 스프리트, 직렬 scanning, 2~5.4 마이크론 스펙트럼 응답을 보이며 온도범위는 -10℃~500℃(고온 필터 사용 시 2000℃까지 검출), 민감도는 30℃에서 0.1℃, 공간 해상도는 104원소/Line(50%변조), IR line frequency는 3.5Khz이다.

Fig. 2에서는 X-Windows OS(operation system)에서 운영되는 Thermovision 900 system을 microsoft windows OS 기반 laptop computer에 연결할 수 있게 해주는 Research Package900을 나타내고 있다.

### 3.2 초음파 가진기

초음파 가진기는 DYW-430H 핸드건 타입의 부스터 일체형 가진기이다. 시험의 용이성을 위하여 핸드건 타입의 버튼식으로 변경하였으며, 사양은 입력전원 AC180 ~ 245V, 초음파가진시간 0.1 ~ 5sec 연속발진이 가능하며, 주파수조정범위는 30kHz이다. 출력은 400W이며 제원은 Fig. 3과 같다.

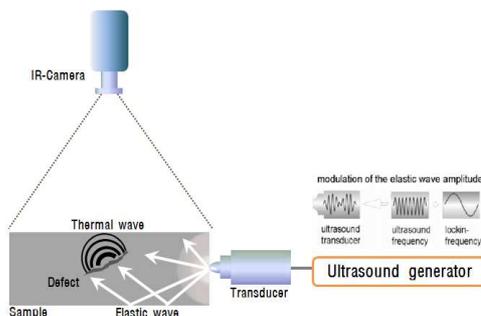


Fig. 1 Diagram of heating system using ultrasonic excitation

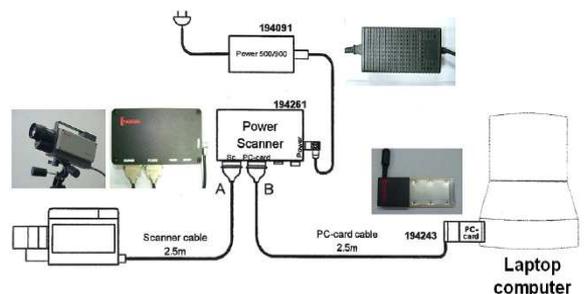


Fig. 2 Infrared thermography camera

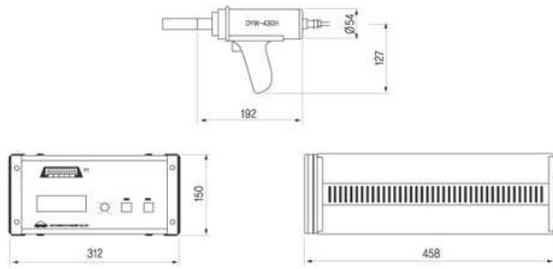


Fig. 3 DYW-430H Spec

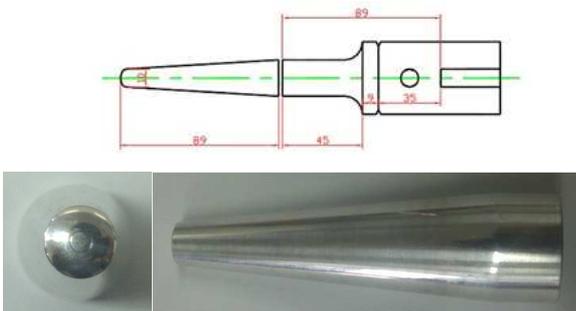


Fig. 4 2D design drawings and images of the produced horns



Fig. 5 Engine block used in the test

### 3.3 초음파 혼 설계 및 시험편제작

초음파 혼 설계 및 제작은 대상체에 최적의 초음파 펄스를 입사하기 위하여 관련 논문 및 자료를 참고하여 원뿔형의 혼을 설계하고 두랄루민 재질로 제작하였으며, Fig. 4은 2D설계도면과 제작한 Cone type의 혼의 이미지를 나타내고 있다.

시험편은 H사의 엔진블록으로 소재는 알루미늄합금으로 구성되어있다. 시험편의 충격을 주어 균열을 주었으며, 적외선 열화상 기법은 방사율에 큰 영향을 받기 때문에 검은색 무광페인트로 도포를 하였고, Fig. 5는 페인트 도포 후 엔진블럭의 균열부위 이미지를 보여주고 있다.



Fig. 6 Fixed to press into specimen and horns

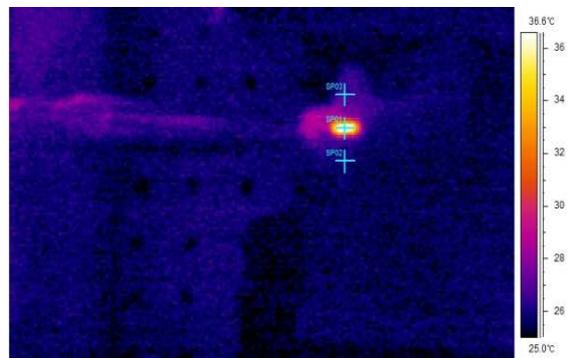


Fig. 7 Infrared image of the engine block

## 4. 실험방법

실험방법은 시험편과 가진기 혼을 지그에 고정하고 초음파 펄스가 최대한 입사될 수 있도록 시험편과 혼을 밀착시켰으며, 60초 동안 주파수 30kHz의 초음파 펄스로 5초씩 총12회 가진하면서 적외선 열화상 카메라를 이용하여 1초당 1프레임으로 촬영하였다. Fig. 6은 지그에 고정되어 밀착된 시험편과 혼을 보여주고 있다.

## 5. 실험 결과 및 분석

시험편에 30kHz의 초음파 펄스를 인가하였고 IR 이미지에서 나타낸바와 같이 균열 부위에서 핫 스폿이 발생이 되었고 균열부위의 정확한 온도 데이터를 얻기 위하여 Fig 7과 같이 3개의 Spot지정하였고, Spot 1은 균열 부위를 나타내고 있다. Spot 2, Spot 3는 균열이 없는 부분에 Spot을 찍어 온도를 비교분석하고 있으며, Fig 8은 온도 데이터를 그래프로 나타내고 있다.

그 결과 Spot 2, Sprrt 3는 온도가 비슷한 편차

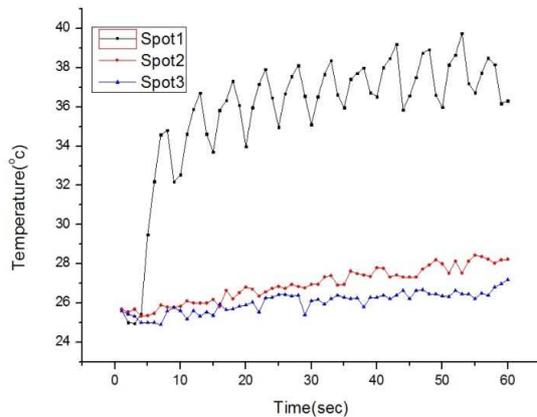


Fig. 8 Engine block temperature graph

를 보이며 온도가 상승하고 있는 것을 볼 수 있었으며, 결함이 있는 Spot 1은 결함이 없는 부분보다 약 $10^{\circ}\text{C}$  차이의 온도를 보이며, 계속 온도가 상승하는 것을 알 수 있었다.

## 6. 결론

본 논문에서는 초음파 서모그래피 기법 적용을 위하여 국내·외 관련자료를 참고하여 초음파 혼을 설계, 제작하였으며, 엔진블록의 비파괴 신뢰성 평가를 위하여 초음파 서모그래피 기법을 적용하였으며 엔진블록 미세균열에 대한 열화상 진단을 수행하였고 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

(1) 엔진블록의 미세균열에서는 가진 후 5초에 핫 스팟이 발생하여,  $10^{\circ}\text{C}$  차이의 열 발생이 일어난다는 것을 알 수 있었다.

(2) 지속적인 인가로 균열을 찾아내는 일반적인 NDT 기법에 비해 초음파 서모그래피 기법은 초

음파 펄스의 파장을 이용한 진동에 의한 발열을 이용하여, 가진 후 5~10초안에 균열을 파악할 수 있었다.

(3) 본 논문에서는 Cone type의 혼과 30kHz의 주파수만을 사용하여 측정하였지만 각각의 시험편에 최적의 혼과 주파수를 선정한다면 좀 더 빠르고 정확한 결함 검출이 가능할 것으로 판단된다.

## 후기

“본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임.”

## 참고문헌

- (1) Han, S. H., 2007, Korea Credit Guarantee Fund, pp. 95~122.
- (2) Zweschper, T., Dillenz, A., Riegert, G., Scjerling, D. and Busse, G., 2003, "Ultrasound Excited Thermography Using Frequency Modulated Elastic Waves," *Insight - Non-Destructive Testing and Condition Monitoring*, Vol. 45, pp. 178~182.
- (3) Zweschper, T., Riegert, G., Dillenz, A. and Busse, G., 2005, "Ultrasound Excited Thermography - Advances due to Frequency Modulated Elastic Waves," *Quantitative Infrared Thermography*, Vol. 2-1, pp. 65~76.
- (4) Gleiter, A., Riegert, G., Zweschper, T., Busse, G., 2007, "Ultrasound Lock-in Thermography for Advanced Depth Resolved Defect Selective Imaging," *Insight - Non-Destructive Testing and Condition Monitoring*, Vol. 49, pp. 272~274.