

# 열화상의 영상처리를 이용한 회전체의 결함 검출 A study on rotor fault detection using image processing of thermal image

김현진† · 박진호\* · 박종원\*\*

Hyun-Jin Kim, Jin-Ho Park and Jong Won Park

## 1. 서 론

적외선 열화상 카메라는 일반 카메라와 달리 물체의 실물을 보여주는 것이 아니라 물체가 복사하는 적외선 파장대역에 반응하는 검출소자를 이용하여 검출된 적외선의 강도의 양에 따라 온도로 변환하여 적외선 열화상으로 보여주는 장치이다. 열화상 카메라는 비접촉 방식으로 대상을 관측하여 인체와 작업환경에 무해하고 측정범위가 넓으며 빠르게 변화하는 현상에 대한 파악 및 대상 내부의 온도변화 또한, 관측이 가능하여 이런 장점들로 인해 각종 산업현장 및 의료분야, 비파괴검사분야에 널리 사용되고 있다. 기존의 열화상 카메라의 관측방법은 사용자가 대상의 단순 온도 및 온도변화를 관측하여 이상 유, 무를 판단하는 방식으로 많이 사용되고 있으며 최근에 기존방법 외의 기계부품의 크랙 및 배관의 감육 등 결함검출에 관련된 연구들이 많이 진행되고 있다. 본 연구에서는 실험용 회전체에 크랙을 내고 회전수별 열화상 카메라로 획득한 영상에 영상처리 알고리즘을 적용하여 크랙 검출 및 위치표시 통해 열화상의 영상처리 및 프로그램에 의한 결함의 검출 가능성을 확인해 보려 한다.

## 2. 본 론

### 2.1 실험장치 및 시편

실험장치는 Fig. 1와 같이 구성하였다. 실험용 회전체는 Bently Nevada의 RK4 Rotor Kit을 사용했으며 2개의 저널 베어링과 모터, 회전봉으로 구성

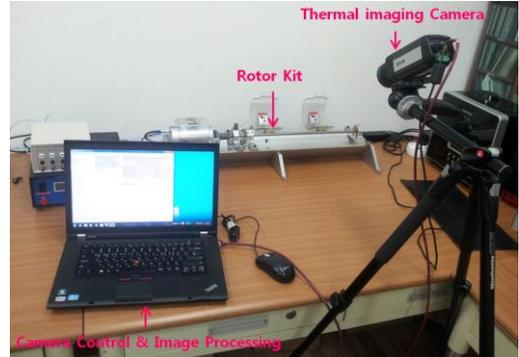


Fig. 1 Experimental setup

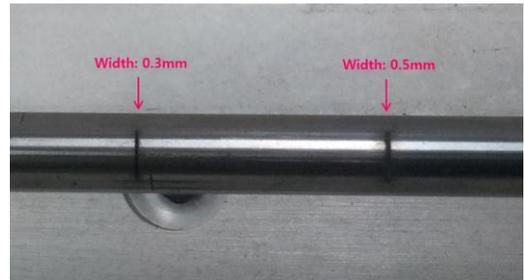


Fig. 2 Specimen

되어 있다. 열화상 카메라는 FLIR의 SC645모델로 640\*480해상도에 25Hz로 영상획득이 가능하다. 노트북 PC에 카메라 컨트롤 및 영상처리를 위해 MS의 Visual Studio 2010으로 테스트용 소프트웨어를 제작하여 사용하였다. 시편은 RK4 Rotor Kit에 제공 되는 회전봉에 두 개의 크랙을 레이저로 가공하여 사용했으며 회전봉의 지름은 10mm이고 크랙은 길이가: 5mm, 깊이가: 0.5mm, 두께는 각각 0.3mm와 0.5mm로 Fig. 2와 같다.

### 2.2 실험방법

실험용 회전체를 100, 200, 400 RPM으로 회전시키며 각각에 대한 열화상을 25Hz의 속도로 획득하였다. 측정환경은 실내에서 채광 및 지점 반사를 피

† 교신저자; 정회원, 한국원자력연구원  
E-mail : khj6377@kaeri.re.kr  
Tel : 042-868-2241 , Fax : 042-868-8313  
\* 한국원자력연구원  
\*\* 충남대학교

하여 실험하였으며 실내온도는 상온 25°C 정도였다.

### 2.3 열화상의 영상처리

열화상 카메라는 사용자가 Ironbow, Rainbow, Gray등의 팔레트에 매핑된 영상을 선택하여 볼 수 있는데 영상처리를 위해 제작한 테스트용 소프트웨어를 통해 Gray 팔레트에 매핑된 RAW영상을 획득할 수 있도록 하였다. 회전봉의 반사성분과 회전봉 표면과 크랙의 적외선 방사율 차이로 인해 크랙이 구분된 영상을 획득할 수 있었으나 영상의 선명도가 떨어지고 노이즈 성분이 많으며 크랙과 표면의 밝기차가 크지 않아서 크랙의 자동검출을 위해 Fig. 3과 같이 영상처리 단계를 수행하였다..

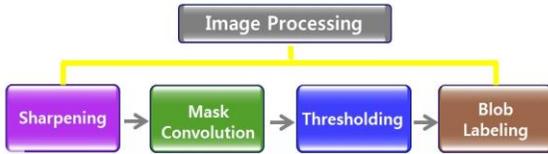


Fig. 3 Flow chart for Image Processing

테스트용 소프트웨어에 영상의 선명도 향상을 위해 Gray RAW영상에 영상처리 기법인 Sharpening을 적용 가능하도록 하였고 노이즈 감소와 크랙의 Vertical 방향 연결성을 특징으로 검출하기 위한 Mask를 9\*9 배열로 만들어 Sharpening처리영상에 Convolution 연산을 하였다. Mask Convolution처리 후 영상에서 검출대상들과 배경을 구분하기 위해 Thresholding을 이용하였고 Blob Labeling을 통해 일정크기(40 pixel) 이상인 대상만 크랙으로 판단하여 검출하고 위치를 좌표로 표시할 수 있도록 하였다. 영상처리 단계 수행 후 결과영상은 Fig. 4와 같다.

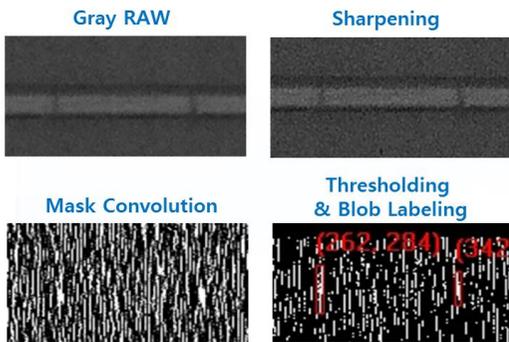


Fig. 4 Image Processing Result

### 2.4 실험결과

Table 1 Experimental Result

Image	RPM	Number of detected	Detection ratio
	100	0.3mm: 17	0.3mm: 85%
		0.5mm: 20	0.5mm: 100%
	200	0.3mm: 11	0.3mm: 55%
		0.5mm: 15	0.5mm: 75%
	400	0.3mm: 2	0.3mm: 10%
		0.5mm: 3	0.5mm: 15%

각 RPM별 크랙이 있는 영상을 20장씩 획득하여 검출 결과를 분석해 보았다. Table 1과 같이 두께가 0.3mm인 크랙에 비해 0.5mm인 크랙의 검출력이 뛰어났으며 400 RPM 이상의 영상에서는 회전체의 진동에 의해 크랙 영역이 흐릿하여(Blur) 검출에 한계가 있었다.

### 3. 결 론

본 연구를 통해 기존의 일반 카메라에서 획득한 영상이 아닌 열화상 카메라로 획득한 열화상에 영상처리 기법을 적용하여 결함의 검출 가능성에 대해 실험해 보고 확인 하였다. 일반영상에 비해 영상 품질이 좋지않은 단점이 있지만 가시광선 과장영역이 아닌 적외선 과장영역을 이용하는 장점이 있어서 본 연구에서는 하지 못했지만 검출기법 및 프로그램, 기타 조건들을 좀 더 보완 한다면 육안검사로 불가능한 실제 설비 및 장치의 결함검출에 활용 가능할 것으로 생각된다.

### 후 기

이 연구는 2013년 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP:No.20111510100050)의 지원으로 수행된 연구내용입니다.