

# 저속 회전하는 샤프트에서 발생하는 균열의 검출을 위한 음향방출기법의 적용

## Application of the AE Technique for The Detection of Shaft Crack with Low Speed

최병근† · 구동식\* · 김재구\*

Byeong Keun Choi, Dong Sik Gu and Jae Gu Kim

### 1. 서 론

회전체의 결함 검출에 대한 많은 연구들이 수행되었으며, 그 연구들을 바탕으로 상태 감시(Condition Monitornig) 기술은 비약적인 발전을 거듭하였다. 회전체의 핵심 요소인 베어링과 기어 등에 대한 기술이 특히 발전을 이루었으며, 모터 및 커플링에 대한 부분도 그 뒤를 잇고 있다. 하지만 이렇게 비약적인 발전을 이루면서도 아직 명료한 결과를 나타내지 못하는 것이 바로 균열(Crack)이다.

균열을 검출하기 위한 연구는 주로 비접촉식 변위계를 통해 이루어졌으며, 샤프트에 균열이 발생되었을 때 샤프트의 고유진동수와 회전 속도에 관련된 주파수들이 변화된다는 연구 결과가 발표되고 있다.<sup>(1)-(3)</sup> 하지만 변위계를 통해 검출되어지는 균열의 신호는 샤프트 직경의 40% 이상이 균열되었을 때 나타나게 된다. 샤프트 직경의 40% 이상의 균열은 빠른 시간 내에 진행되어 샤프트의 파괴를 발생시킬 수 있는 위험한 상태이다.

그러므로 본 연구에서 샤프트에 발생된 균열을 검출하기 위해 AE 변환기를 사용하였으며, 초기 균열을 샤프트 직경의 10%로 하여 샤프트가 파단되는 순간까지의 신호를 취득하였다. 취득된 신호를 이용하여 각 신호의 시간 파형 및 주파수 스펙트럼을 분석하였고, 여러 가지의 특징값(Feature Value)을 얻었으며, 이를 바탕으로 균열이 진행되는 과정의 특성을 살펴보았다.

### 2. 실험 방법

#### 2.1 실험 장치

실험 장치는 Fig. 1과 같이 Rotor-Kit(RK4, Bently Nevada), Speed Controller, AE 변환기, 증폭기, DAQ 시스템으로 구성이 되었다.

그리고 Table 1은 AE 신호 취득을 위한 DAQ 시스템 설정을 나타낸다.

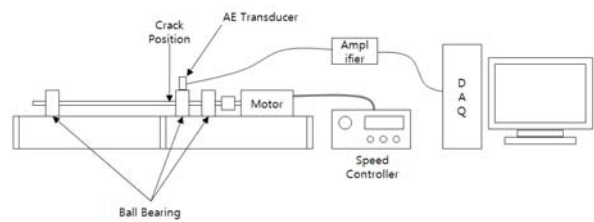


Fig. 1 Experiment System

Table 1 Condition of Experiment

Rotating Speed	480 rpm
Preamplifier Level	40 dB
Threshold level	45 dB
Analog Filter	1k ~ 3MHz
Sampling Frequency	2 MHz
Recording Time	0.5 sec
Recording Time Interval	240 sec
Bearing Type	NTN 6200

#### 2.2 신호처리

본 연구에 적용한 신호처리 기법은 힐버트 변환(Hilbert Transform)을 이용한 포락처리(Envelope Analysis)와 웨이블릿 변환(Wavelet Transform)이 사용되었으며 그 처리 과정은 Fig. 2와 같다. 웨이블릿 변환의 기저함수(Mother Function)는 Daubechies 5를 사용하였으며, 레벨(Level)은 4로 하였다.

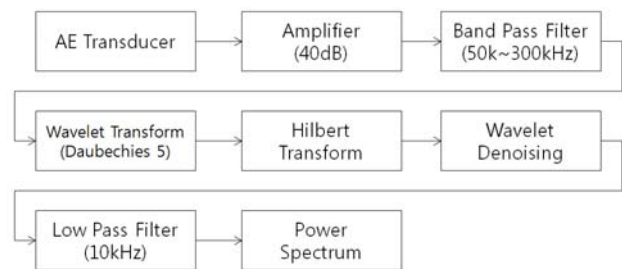


Fig. 2 Block Diagram of Signal Processing

† 교신저자; 경상대학교 에너지기계공학과  
E-mail : bgchoi@gnu.ac.kr  
Tel : (055) 640-3186, Fax : (055) 640-3188

\* 경상대학교 대학원

### 3. 실험 결과

Fig. 3은 실험 수행 후의 샤프트의 파단된 단면을 보여준다. Fig. 3에서 알 수 있듯이 일반적 파괴역학에서 정의하는 균열의 진전과 같이 균열은 3단계로 진행이 되었으며, 각 단계마다 파단면의 거칠기가 다른 것을 알 수 있다.

Fig. 4는 정상 샤프트의 테스트 결과 시간 파형 및 파워스펙트럼이다. 정상상태에서 운전 주파수(8Hz)와 베어링의 외륜의 볼 통과주파수(Ball Passing Frequency of Outer Race, 25Hz[0.04s])가 나타남을 시간 파형 및 주파수 스펙트럼에서 알 수 있다.

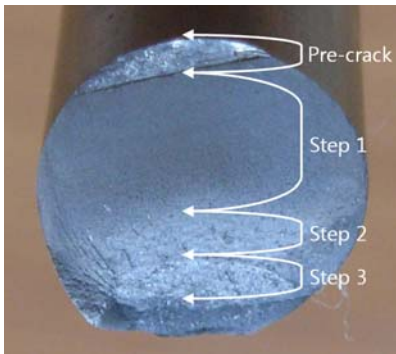


Fig. 3 Cracked Surface of Test Shaft

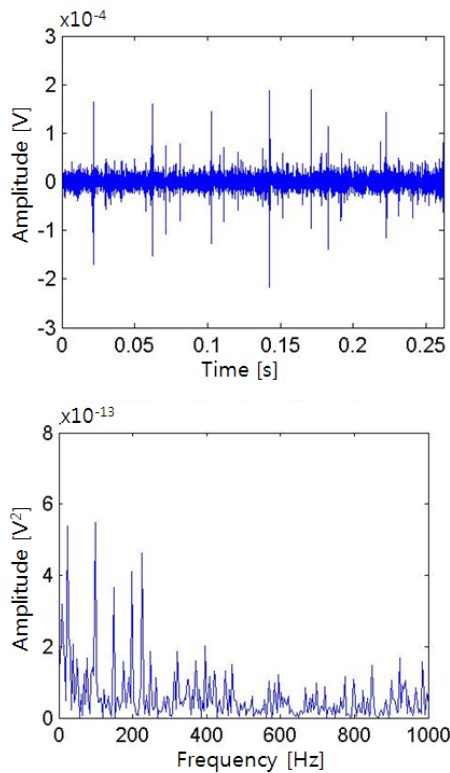


Fig. 4 Time Waveform (Top) and Power Spectrum (Bottom) of Normal Shaft

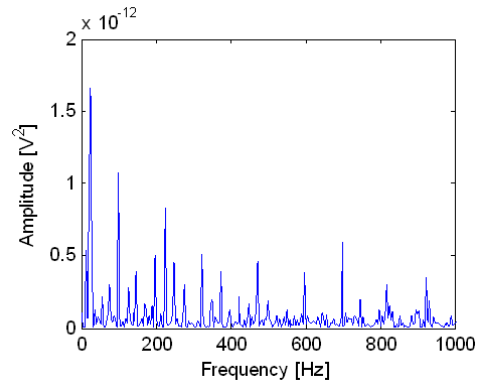


Fig. 5 Power Spectrum of Cracked Shaft

Fig. 5는 균열된 샤프트의 테스트 결과 파워스펙트럼으로, 운전 주파수 및 외륜 볼 통과주파수의 진폭이 크게 증가한 것을 확인할 수 있으며, 전체적인 진폭 값이 크게 성장한 것을 알 수 있다.

### 4. 결 론

AE 기법은 샤프트의 균열을 검출하기 위한 기법으로 충분한 적용 가능성을 띄고 있고, 웨이블릿 변환 및 포락처리는 AE 신호처리에 적용 가능성이 있다.

### 후 기

본 연구는 BK21 사업팀(친환경 냉열에너지 기계 연구 사업팀)의 지원으로 수행되었음.

### 참고문헌

- (1) Y. Lin, F. Chu, 2009, "Numerical and experimental investigations of flexural vibrations of a rotor system with transverse or slant crack", Journal of Sound and Vibration, Vol. 324, Issues 1-2, pp.107~125.
- (2) A. K. Darpe, K. Gupta, A. Chawla, 2003, "Experiment investigations of the response of a cracked rotor to periodic axial excitation", Journal of Sound and Vibration, Vol. 260, Issues 2, pp.265~286.
- (3) A. K. Darpe, K. Gupta, A. Chawla, 2004, "Coupled bending, longitudinal and torsional vibrations of a cracked rotor", Journal of Sound and Vibration, Vol. 269, Issues 1-2, pp.33~60.