

영상을 이용한 회전축의 진원도 측정 방법

Measuring Roundness of Rotating-axis by using Image Processing

손기성[†] · 전형섭* · 박진호** · 김현진** · 박종원***

Ki-Sung Son, Hyong-Seop Jeon, Jin-Ho Park, Hyun-Jin Kim and Jong Won Park

1. 서 론

회전기계류에서 회전축 진원도는 회전기계에 원하지 않는 진동을 유발시킬 수 있는 요소 중 하나이다. 따라서, 회전축 가공 시 진원도가 일정 오차범위를 만족하도록 해야 한다. 일반적으로, 소형 정밀 부품의 진원도 측정을 위한 장치들은 널리 보급되어 있다. 이러한 진원도 측정기는 측정대상물을 탑재하는 선반과, 측정대상물의 표면에 접촉시켜 측정대상물의 진원도를 측정하는 감지센서로 구성되어 있다. 측정방식에 따라 선반에 측정대상물을 위치시키고 감지센서를 대상물에 접촉시킨 후 선반을 회전시켜가며 측정하는 방식과, 선반에 측정대상물을 위치시키고 감지센서를 측정대상물에 접촉시킨 후 감지센서를 측정대상물 주변으로 회전시키면서 측정하는 방식으로 구분된다. 두 방식 모두 측정대상물에 대한 진원도를 매우 정밀하게 측정할 수가 있다. 하지만, 선반에 측정대상물을 탑재시킨 상태에서 진원도를 측정해야 함으로 측정대상물의 크기가 매우 한정적이며, 비교적 큰 대상체에 대한 진원도 또는 원통도의 측정이 불가능하다. 또한, 측정대상물의 표면에 감지센서가 접촉됨으로 예민한 재질의 측정대상물의 경우 표면에 흠집이 생길 수 있다는 문제점이 있다. 본 논문에서는 대형 회전축을 대상으로 표면에 센서의 접촉 없이 진원도 측정이 가능한 카메라 영상을 이용한 측정 방법을 제안한다. 제안된 방법을 검증하기 위해 회전기기를 사용한 실험을 통해 살펴보았다.

2. 영상을 이용한 진원도 측정 방법

진원도 측정을 위해서는 먼저 기준좌표로부터의 회전축 표면의 변위를 측정해야 한다. 카메라 영상을 이용한 변위측정 방법으로 에지 확률 분포 기대값을 이용하는 영상처리 방법을 사용하였다. 이 방법은 관심영역 영상에서 대상체 표면과 배경과의 경계부분인 에지를 정수형 픽셀좌표가 아닌 실수형 좌표로 산출함으로써 기존의 영상을 이용한 변위측정 방법에 비해 높은 측정해상도를 갖는다.

이 방법을 이용하여 회전하는 회전축 표면의 상부와 하부의 변위를 측정한다. 측정된 상부와 하부의 변위를 이용한 회전축 진원도 측정은 Fig. 1을 참고로 하여 Eqs.(1)~(5)과 같이 표현할 수 있다.

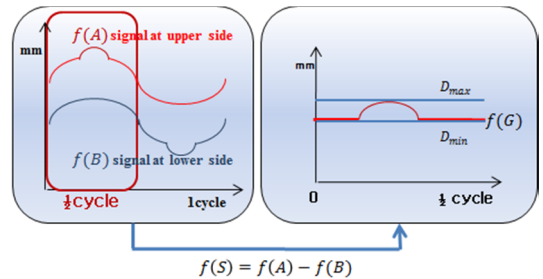


Fig. 1 Calculation of $f(G)$ for roundness evaluation

$$f(A) = f(C) + f(S_1) \quad (1)$$

$$f(B) = f(C) + f(S_2) \quad (2)$$

$$f(G) = f(A) - f(B) = f(S_1) + f(S_2) \quad (3)$$

$$D_{max} = \text{Max}(f(G)) \quad (4)$$

$$D_{min} = \text{Min}(f(G)) \quad (5)$$

$$\Delta D = D_{max} - D_{min} \quad (6)$$

Eq.(1)의 상부 측정신호 $f(A)$ 는 축 중심의 진동 신호 $f(C)$ 와 형상에 따른 변위 $f(S_1)$ 이 더해진 값

[†] 교신저자; 정회원, 세안기술㈜
E-mail : infoson@sea-an.co.kr
Tel : 042-868-4868, Fax : 042-868-8313

* 세안기술㈜
** 한국원자력연구원
*** 충남대학교

으로 나타나며, Eq.(2)의 하부 측정신호 $f(B)$ 는 $f(C)$ 와 형상에 따른 변위 $f(S_2)$ 가 더해진 값으로 나타난다.

회전축이 진원이면 $f(S_1)$ 과 $f(S_2)$ 는 모두 0이므로 형상변위는 존재하지 않으며 $f(A)$ 와 $f(B)$ 는 축 중심의 진동신호인 $f(C)$ 만 남아 두 신호는 동일하게 된다. 따라서, Eq.(3)의 $f(G)$ 는 0가 된다.

회전축이 진원이 아닐 경우 $f(A)$ 에서 $f(B)$ 를 빼면 $f(C)$ 가 없어지고 $f(S_1)$ 과 $f(S_2)$ 가 더해진 $f(G)$ 를 구할 수 있다. 영상의 절대좌표를 기준으로 볼 때 $f(G)$ 는 측정 각도에서의 직경으로 나타나므로 Eq.(4)~(5)와 같이 최대직경과 최소직경을 구할 수 있으며 그 차이 값으로 Eq.(6)의 ΔD 을 구할 수 있다. 제안된 방법을 이용한 진원도 평가방법으로 직경법을 사용하였다. 직경법은 원형부분의 한 단면의 직경을 여러 방향으로 측정하여 최대치와 최소치의 차로 진원도를 정의하는 방법이다.

3. 실험

제안된 방법을 검증하기 위해 Fig. 2와 같이 회전체 실험장비를 이용하였으며, 영상처리를 위한 CCD카메라 및 신호분석용 노트북을 추가로 이용하였다.

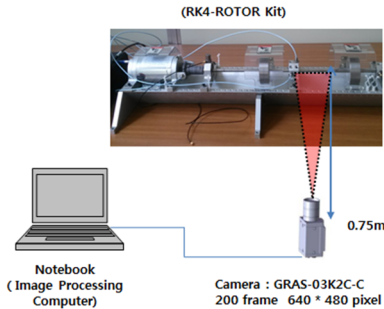


Fig. 2 Experimental setup for roundness measurement

회전체의 회전속도는 200rpm으로 3.3hz의 회전 주기를 갖도록 하였다. 카메라를 이용하여 200프레임 속도로 2초간 영상을 취득하였다.

관심 측정영역을 상부와 하부로 설정하였으며 에지 확률분포 기대값을 이용한 방법을 통해 Fig. 3과 같이 회전축의 상부 측 변위신호와 하부 측 변위신호를 취득하였다. 제안된 진원도 측정방법에서 $f(G)$ 는 180° 대칭되는 형상의 합으로 나타나므로 Fig. 4와 같이 회전축 형상 변위 값을 180° 까지 측 출하였다. 최대값은 10.0005mm이며 최소값은 9.9985mm로 진원도 ΔD 는 0.002mm로 나타났다.

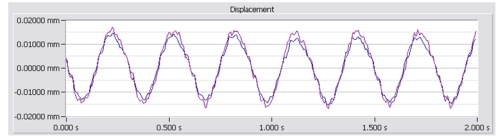


Fig. 3 Displacement signals at upper and lower sides in normal state

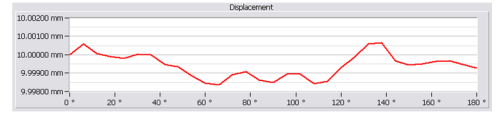


Fig. 4 Calculated $f(G)$ distribution

Fig. 5와 Fig. 6은 회전축의 한쪽 면에 평균두께 0.15mm의 테이프를 붙여 형상오차를 추가한 후 측정된 변위신호와 $f(G)$ 값을 나타낸다. $f(G)$ 의 최대값은 10.150mm이며 최소값은 9.998mm이다. 따라서, 진원도 ΔD 는 0.157mm로 나타났다



Fig. 5 Displacement signal including shape errors at upper and lower sides

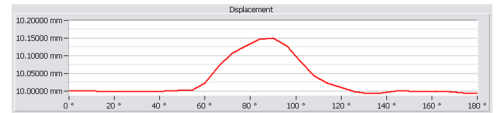


Fig. 6 Calculated $f(G)$ distribution including shape error effect

4. 결론

본 연구에서는 카메라 영상을 이용한 회전축의 진원도 평가방법을 제안하였다. 실험을 통하여 제안된 방법을 검증하였으며 진원도 평가방법 중 직경법을 사용하여 진원도 평가가 가능함을 보였다.

기존의 진원도 측정 장치로 측정할 수 없었던 대형 회전기기의 진원도 측정을 위해 제안된 방법을 사용하면 시간 및 비용을 많이 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

후 기

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