

볼트부품 전면검사용 비전시스템의 광학계 해석기술 Optical Simulation of Vision Inspection System for Bolt Parts

*이창훈¹, 민경빈¹, #박근¹, 김종봉², 하종은², 나승우³

*C. H. Lee¹, K. B. Min¹, #K. Park (kpark@seoultech.ac.kr)¹, J. B. Kim², J. E. Ha², S. W. Ra³

¹서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과, ²서울과학기술대학교 기계자동차공학과,

³㈜서울금속 기술연구소

Key words : Vision Inspection System, Bolt Parts, Telecentric lens, Optical Simulation, Ray tracing

1. 서론

볼트부품은 자동차, 반도체 제조 장비, 계측 장비뿐만 아니라 고정밀도 기계에도 필수적으로 사용되는 체결 부품이다. 이러한 볼트부품의 결함은 전체 기계 장치의 성능을 좌우하게 되므로 불량 요인을 정확히 따져야 하기 때문에 전량 검사가 요구된다. 최근 기계의 초소형 고정밀화에 맞춰 부품들도 눈으로 확인할 수 없을 정도로 작아지고 있기 때문에 보다 정확하고 속도가 빠른 비전(Vision)을 이용한 검사 시스템이 발전하게 되었다. 비전시스템은 카메라에 의해 획득된 영상을 분석하여 제품의 형상정밀도, 표면결함 등을 실시간으로 판정하는 기술이다.^[1]

비전시스템에 의한 검사에 있어 검사의 신속성과 정확성은 검사 조건 즉, 조명 및 결상 조건과 밀접한 관련을 가진다.^[2] 대부분의 체결부품을 검사하는 비전시스템에서 측면부 검사 과정에서는 후방조명(Back light)을 이용해 나사산의 외경, 피치 등을 검사한다.^[1] 하지만 이 방법은 대상체가 카메라의 방향과 일치하는 방향으로의 영상획득만 가능하다. 따라서 검사체의 원주부의 1/4(90°)에 대해서만 검사를 수행하여 결과적으로 치수검사만 수행이 되고 있다. 이 검사방법은 기본적인 형상정밀도를 평가하는 데에는 크게 문제가 없지만 나사산부의 표면 결함을 예측하기에는 측면부 전면에 대한 검사가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 전방조명(Front light)과 텔레센트릭 렌즈(Telecentric lens)를 이용하여 볼트부품을 360° 전면으로 검사하는 광학계를 고안하였고, 광선추적법(Ray tracing technique)을

기반으로 한 상용 프로그램으로 시뮬레이션을 진행하여 볼트부품 표면 전면검사 위한 광학계 설계에 관한 연구를 수행하였다.

2. 볼트부품 전면검사용 비전시스템 구조

2.1 전면검사용 비전시스템의 광학계 설계

Fig. 1 에 본 연구의 해석 대상인 전면검사용 비전시스템의 광학계를 모델링하여 나타내었다. 조명은 링조명(Ring illuminator)을 선택하여 상, 하부에 설치하였고, 볼트부품 표면을 360° 검사하기 위해 각도를 계산하여 각각 90°씩 4 면을 비추도록 반사경을 설치하였다. 결상광학계는 텔레센트릭 렌즈를 사용하여 반사된 표면 이미지를 원근 왜곡(Perspective distortion) 없이 1 대의 카메라로 전면을 검사하는 구조이다.

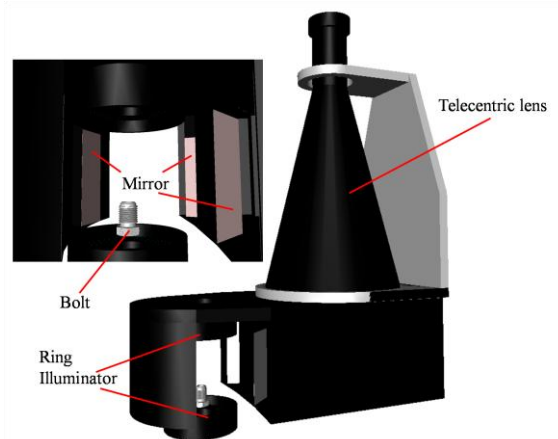


Fig. 1 The configuration of vision inspection system using a telecentric lens

2.2 전면검사가 가능한 빛의 이동경로 검증

볼트부품 표면의 전면검사를 위한 반사경의 위치와 각도가 타당한가를 검증하기 위해 설계된 광학계에 광선추적 S/W 인 SPEOS 를 사용하여 빛의 이동 경로를 확인한 결과를 Fig. 2 에 나타내었다. 총 6 개의 반사경을 이용해 볼트의 표면을 반사경으로 반사시켜 전면을 검사한다. 검사 대상체인 볼트부품은 원통형이기 때문에 전면검사가 되는지 확인하기 어렵다. 따라서 볼트의 머리부분에 1 부터 6 까지의 숫자를 새겨 검사하는 반사경 옆에 나타내었다. 경로 ①은 대상체에서 반사된 빛이 반사경에 한번 반사되어 좌, 우가 반전이 일어난다. 경로 ②는 한번 반사된 빛이 다른 반사경에 다시 한번 반사되므로 반전이 일어나지 않는다. 광학계는 대칭이기 때문에 경로 ③과 ④는 각각 ②, ③과 동일하다. 만약 반사경의 각도가 정확하지 않다면 부품의 전면검사가 불가능하기 때문에 반사경이 정확하게 배치되었는지를 광학 시뮬레이션을 통해 빛의 경로를 추적함으로써 설계의 타당성을 검증해야 한다.

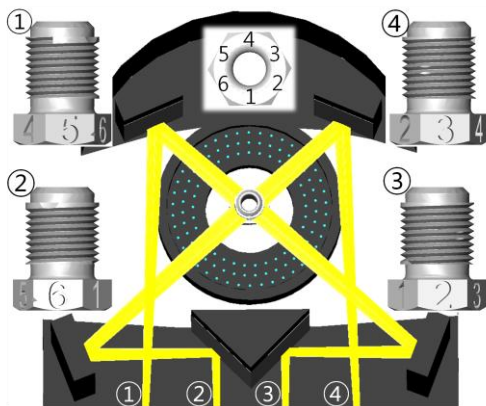


Fig. 2 The light-paths for reflected bolt parts

3. 광선추적법에 의한 광학계 해석 결과

위와 같은 빛의 경로를 추적하여 해석한 결과는 Fig. 3 과 같다. 각각 90° 씩을 비추도록 반사경을 설계한 결과, 볼트 표면의 4 면을 검사하여 나사의 외형 뿐만 아니라 표면의 결함까지 전면검사가 가능함을 알 수 있다. 이는 반사경이 정확하게 배치되었음을 의미한다.

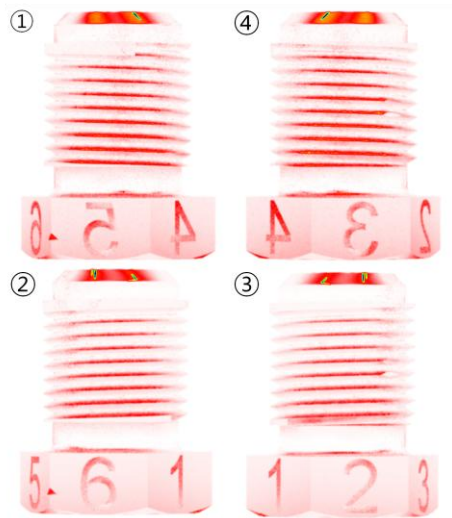


Fig. 3 Results of optical simulation for bolt parts

4. 결론

본 연구에서는 볼트부품의 측면부 형상을 반사경을 이용한 전면 검사를 하여 외형 치수 뿐만 아니라 나사산부의 표면 결함까지 찾아낼 수 있는 광학계를 설계하였다. 이 결과를 바탕으로 광선추적법을 이용한 광학 해석을 통해 빛의 경로를 추적한 결과 볼트부품의 모든 표면이 검사가 가능함을 검증할 수 있었다.

후 기

본 연구는 중소기업청의 기술혁신개발사업의 일환으로 수행하였음. [S2062525, 150 이하 미세크랙 검사기능을 갖는 볼트류 전면검사 시스템 개발]

참고문헌

1. S. B. Baek., K. Y. Lee., W. J. Joo., K. Park. and S. W. Ra. "Improvement of the optical characteristics of vision system for precision screws using ray tracing simulation" Trans. KSPE, Vol. 28, pp. 1194-1102, 2011
2. S. C. Jung., Y. S. Lee., D. C. Kim., S. G. Park., B. H. O., E. H. Lee. and S. G. Lee. "Ray tracing-based simulation of image formation in an equipment for automated optical inspection" Trans. KJOP, Vol. 20, pp. 223-229, 2009