

비전을 이용한 베어링 내/외륜 면취 검사 시스템

윤주영*(전북대 대학원), 이영춘(한국산업단지공단),
방두열(전북대 대학원), 이성철(전북대)

Surface Inspection System of Bearing Inner/Outer Race using Machine Vision

Ju-Young Yoon(Graduate school of Chonbuk Univ.), Young-Choon Lee(Korean Industrial Complex Corp.)
Doo-Yeol Pang(Graduate school of Chonbuk Univ.), and Seong-Cheol Lee(Chonbuk Univ.)

ABSTRACT

This paper is about the development of surface inspection of bearing inner and outer race using machine vision. Before this system is developed, most inspections are performed by workers' naked eye. To improve both the inconvenience and incorrectness, another new tester is introduced. This system has the three sections mainly. First one is the mechanism section which transfers bearing manufactured from previous process line to the testing process in plant. Another is the inspection system which is composed of two parts: computer vision and measurement system using laser diode which inspects the defects of the bearing inner or outer race. The other is the pneumatic cylinder part controlled by Programmable Logic Controller(PLC). The system which is developed shows favorable results, and that has the advantage of convenience and correctness compared to previous system.

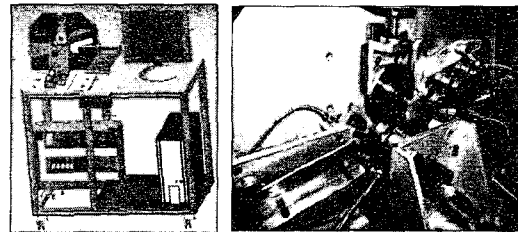
Key Words : Vision system(비전시스템), Pneumatic system(공압시스템), Pro/E 3D model(3차원 모델), Laser Diode(레이저 다이오드), PLC(Programmable Logic Controller), Bearing inner/outer race(베어링 내/외륜), Surface inspection(표면검사)

1. 서론

베어링은 회전기계의 축을 일정한 위치에 고정시키고 하중과 축 자중을 지지하면서 축을 회전시키는 역할을 하는 기계요소이다.

현재 베어링 생산업체는 기계화와 자동화를 통한 생산성 향상과 원가절감으로 이익의 극대화, 품질의 균일화를 위하여 다양한 방법으로 접근하고 있으나 베어링 내/외륜을 절삭가공한 후의 표면검사는 아직도 많은 중소기업체들이 숙련자의 육안과 접촉식 센서에 의존하여 베어링 내/외륜의 표면을 검사하고 있어 품질 개선에 어려움을 겪고 있다.

따라서 본 연구는 전술한 바와 같은 어려움을 개선하기 위하여 현재의 베어링 내/외륜의 육안검사 과정을 비전시스템과 레이저다이오드-포토센서를 이용한 비접촉식 자동화검사 시스템으로 구축하여, 보다 정확하고 신뢰성 있는 검사가 가능하도록 시스템을 설계하고 프로그램을 개발하여 생산현장에 적용하고자 하였다. 기술의 편의를 위하여 본 논문에서는 베어링의 바깥 바퀴는 '외륜'으로, 안쪽 바퀴는 '내륜'으로, 또한 외륜의 안쪽과 내륜의 바깥쪽을 화이트로 선삭 가공한 부분을 '궤도', 그리고 내/외륜의 외부 및 좌우 표면을 '면취'라 정의하여 기술하였다.



(a) 3D model (b) Photo of inspection part
Fig. 1 Inspection system

2. 베어링 면취 검사기의 구조와 설계

베어링 면취검사기의 기구적인 구조를 보다 현실적이고 이해하기 쉽도록 Pro/E CAD S/W를 사용하여 Fig. 1(a)와 같은 3차원 모델로 설계하여 간섭 등을 점검한 후 설계도에 따라 Fig. 1(b)와 같이 시스템을 가공 조립하였다.

검사부 중 비전시스템은 Sony사의 30만 화소의 흑백 CCD 아날로그카메라 2대로 베어링 앞뒷면을 실시간으로 촬영하고 NI PCI-1407 영상획득보드를 통하여 PC에서 영상처리 및 검사할 수 있도록 하였다. 센서부에서는 레이저다이오드와 포토센서로 베어링 궤도의 절삭불량 및 대칭불량을 검사하도록 설계하

여 제작하였다.

3. 시스템 제어 및 검사 알고리즘

시스템의 제어는 PLC를 이용하여 센서들의 신호를 받아 검사흐름에 알맞게 공압실린더를 제어하고 NI USB-6008 DAQ로 PC와 통신하였다.

2대의 카메라로부터 들어오는 이미지 신호를 검사하기에 적절한 영상으로 변환하기 위하여 영상처리를 하였다. 본 연구에서는 영상에 뎀셀연산으로 명도를 낮추어 베어링 검사면을 주위 배경과 분리되도록 하였고, 불필요한 부분과 잡음을 제거하기 위하여 모폴로지기법으로 영상에 대한 열림(opening) 연산을 하였다. 모폴로지기법에서는 마스크 역할을 수행하는 구조요소(structuring element)를 사용하였으며, 구조요소의 형태를 미리 알고 있는 기하학적 형태로 구성하여 영상을 처리하였다.

열림연산은 아래의 모폴로지기법을 구성하는 가장 기본적인 연산인 식(1)의 침식(erosion) 연산과, 식(2)의 팽창(dilation) 연산을 순서대로 처리한 것이다.

$$A \ominus B = \{c | c = a - b \text{ for every } b \in B\} \quad (1)$$

$$A \oplus B = \{c | c = a + b \text{ for some } a \in A \text{ and } b \in B\} \quad (2)$$

여기서, $a = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, $b = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$ 이며, 연산기호 \oplus 는 Minkowski 덧셈, 뎀셀이다. 처리된 영상에 측정코자 하는 영역(ROI)을 설정하여 베어링 면취의 폭을 mm단위로 변환하여 표시하도록 NI사의 LabVIEW에서 프로그래밍하였다.

레이저-센서부는 베어링 궤도의 상태를 비접촉식으로 측정하기 위하여 Fig. 2(a)와 같이 궤도에 레이저다이오드를 발광시킨 후, 반사형 포토센서로 수광하여 검사하도록 하였다.

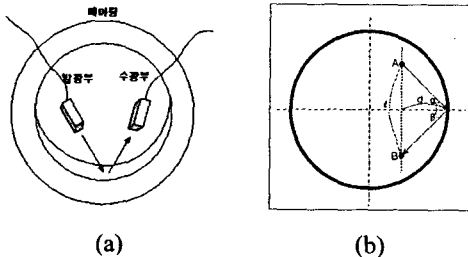


Fig. 2 Measurement principle to the inner orbit

Fig. 2(b)에서 A점에 발광된 레이저 빔은 베어링 궤도의 면취에 α 각으로 입사하여, β 각으로 반사하면, 레이저의 직진성에 의하여 $\alpha = \beta$ 가 되어 B점에서 수광하게 된다. B점에서 정확하게 수광이 되면 수광부인 포토센서는 높은 전압을 일정하게 출력하게 된다. 궤도의 상태가 좋지 않거나 대칭이 조금이라도 어긋나게 가공되었을 경우에 B점에서 수광하는 빛의 양이 변하여 신호를 상이하게 출력하게 된다.

4. 실험결과

베어링 면취검사는 Fig. 3과 같이 2대의 아날로그 카메라로부터 수집되는 영상을 실시간으로 화면에 배치하여 작업자로 확인할 수 있도록 하였다.

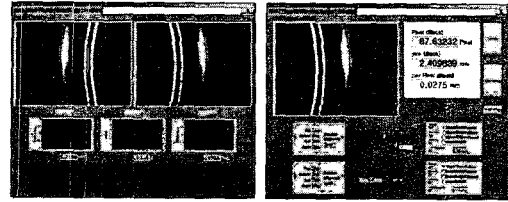


Fig. 3 Main display for bearing surface inspection

영상처리로 얻어진 베어링 면의 폭을 화면에 그래프와 숫자로 표현하고, 양품의 설정값과 계속 비교하며 그 비교값을 화면상의 LED에 녹색과 적색으로 표시하게 하였고, 레이저 측정을 통하여 얻어진 전압값도 화면에 그래프와 숫자로 표현하여 처리값을 양품 설정값과 계속 비교하여 화면상의 LED에 표시한다. 설정값과 비교하여 설정치를 벗어나게 되면 LED는 적색으로 표시하게 되고 LabVIEW에서 PLC로 불량신호를 보내어 경광등과 부저를 작동시켜 작업자로 확인하게 하였다.

5. 결론

베어링 면취검사 시스템의 자동화로 현재의 평균 검사시간 7초에 달하던 것을 평균 4초대로 개선하여 생산성 향상을 기대할 수 있었고, 육안으로 확인하기 힘든 검사물의 정밀도가 카메라의 활용으로 0.1mm까지 가능하게 되었다. 또한 본 연구에 DBMS(Data Base Management System)을 구축하여 적용하면 생산관리면의 효율증대를 기대할 수 있을 것이다.

후 기

본 논문은 산업자원부 지역산업기술개발사업(전북)의 (주)정일공업 위탁과제로 이루어진 연구결과와 일부이며, 관계자 여러분께 심심한 감사를 드립니다.

참고문헌

1. David A. Forsyth and Jean Ponce, "Computer Vision, A Modern Approach," Prentice Hall, 2003.
2. Sing-Tze Bow, "Pattern Recognition and Image Preprocessing," Dekker, 1992.
3. Randy Crane, "A Simplified Approach to Image Processing," Prentice-Hall, 1997.
4. 광두영, "LabVIEW 컴퓨터 기반의 제어와 계측 Solution," Ohm사, 2003.
5. 김장호, 신희렬, "공장 자동화를 위한 공압기술," 성안당, 1993.
6. 최광우, 박병규, "Pro/Engineer Wildfire 기초 I-II," 기전연구사, 2004.
7. 김태평, "PLC 응용제어기술," 技多利, 2004.