

독립형 비전을 이용한 자동차용 Valve-seal의 자동 검사시스템 개발

(A Development of an Auto Inspection System for Automotive Valve-Seal using Standalone Vision)

이규훈* · 김 용**

(Kyu-Hun Lee · Yong Kim)

요 약

독립형 비전을 사용한 자동차용 부품인 밸브씰 검사 시스템을 개발하고 구성하였다. 구성부품은 8대의 독립형 CCD 카메라, 검사를 위해 밸브 씰을 공급해 주는 기구장치로서 구성되었다. 2가지 형태의 밸브 씰 불량 유형에 대한 영상처리 알고리즘을 제안하였으며, 알고리즘의 효율성은 실험을 통하여 입증하였고 정밀한 상태로 0.7초 이내에 검사가 완료되도록 하였다. 이러한 검사 시스템은 자동차 부품산업에서 다양한 응용 분야로서 사용될 수 있을 것이다.

Abstract

In this study, an inspection system for valve seal of automotive parts using standalone vision has been developed and presented. The system is comprised of eight CCD cameras, and mechanism that loads the automotive parts to the system for the inspection. An image processing algorithm for detecting two different types of defects of valve seals are developed, and the effectiveness of the algorithm is experimentally verified. Inspection process is completed in 0.7 second with acceptable accuracy condition. It is envisaged that this inspection system will have a wide application in the automotive part manufacturing industry in the future.

Key Words : Standalone vision, Image processing, Automotive parts, CCD camera, Frame grabber, Illumination, Auto inspection system

1. 서 론

자동차의 실린더 헤드 내에 장착된 밸브 스템 씰인 밸브씰(Valve-seal)은 엔진 흡·배기 밸브 작동시 밸브스템과 밸브스템 씰 사이로 실린더 외부의 엔진오일이 엔진내부로의 유입을 방지하며, 밸브스템이 밸브씰의 립부위를 수직운동으로 작

* 주저자 : (주)스마트비전텍 대표이사
** 교신저자 : 동국대학교 교수
Tel : 02-868-3444, Fax : 02-868-3448
E-mail : khlee22@svtech.co.kr
접수일자 : 2007년 5월 29일
1차심사 : 2007년 6월 5일
심사완료 : 2007년 6월 29일

동할 때 엔진 과열로 인해 소착되지 않고 윤회될 수 있도록 적당량의 누유량을 관리하는 역할을 한다. 밸브셀의 내경은 축 치수보다 약간 작게 설계되어 밸브셀의 고무와 스프링의 예비부하를 통해 밀폐효과를 얻을 수 있다. 이때 축과 밸브셀 사이에는 1~3[μm] 두께의 얇은 유막이 형성되어 누유를 방지한다. 고무부위의 형상 및 치수는 밸브셀의 수명 및 밀폐효과에 큰 영향을 미치며 현재 산업체에서는 주로 검사자의 육안검사에 의한 전수 검사로 불량 유무를 검사하는 실정이다. 그러나 이러한 부품 검사는 작업자간의 불량품에 관한 주관과 피로도 등에 따라 선별기준이 다르기 때문에 단시간 적은 양에 대한 부품 검사에는 적합하지만, 장시간 다양한 검사항목에 대한 부품 검사에는 부적합하다.

이에 비하여 비전에 의한 부품검사는 작업자간의 다른 검사주관과 피로도에 따른 착시현상이 없으므로 양품 판독 오인률을 획기적으로 감소시킬 수 있으며 육안으로 판별할 수 없는 마이크로미터 단위의 미세한 불량도 검사할 수 있다. 또한 불량률의 유형별 및 불량 정도에 따른 데이터베이스 구축까지도 가능하게 하여 제품을 양산하는 공정의 개선에도 이용될 수 있다.

이와 같이 비전을 이용하여 제품 표면의 상태를 검사한 연구동향을 보면, Hosino, M. 등은 비전의 화염감시 시스템 응용에 관한 연구를 하였으며, Nakano 등은 영상처리를 이용하여 사과와 야채 선별 시스템에 관한 연구를 수행하였고, Moganti 등은 비전의 PCB 기판 검사응용에 연구를 수행하였다[1-3]. 또한 Baykut, Trdic 등은 고속으로 이송되는 섬유제품의 표면 검사에 비전을 응용하였으며 Rajeswari 등은 JC wire-bonding 결과 검사에 비전을 응용하였다[4-6]. 국내의 연구동향은 분무미립자의 입경측정에 관한 연구에 비전을 사용하였으며, 또한 절삭공구의 마모량 검사에 비전을 응용하였다[7-8]. 위와 같이 비전은 다양한 산업의 영역에서 그 장점으로 인해 제품 검사에 사용되고 있다.

이렇게 활발한 비전의 연구에도 불구하고 밸브셀에 대한 비전검사는 다양한 불량품 유형의 특성에

따른 알고리즘의 개발 및 그 부품을 검사하기 위한 장치개발과 연관되어 시험이 필요하기 때문에 연구가 미진한 상태였다. 현재까지 밸브셀에 대한 연구는 픽셀 수의 차이로 양품과 불량품을 구별하는 검사 알고리즘이 제안되었는데 이 방법은 불량률의 형태가 명확하고 양품과 불량품의 경계차가 큰 경우의 제품에는 효과적이거나 먼지 등이 포함된 검사영역이나 미세한 불량에 대하여는 불량 판정에 많은 오류를 발생시킨다[9].

따라서 본 연구에서는 카메라와 프레임 그래버가 하나의 몸체로 구성되어 있는 카메라 일체형 비전(Standalone vision)를 이용하여 부품의 영상을 취득한 후 밸브셀의 중심검출 및 원형검출 알고리즘, 평균화 필터에 의한 검사방법을 제안하였다. 또한 밸브셀의 대표적인 2가지 불량유형에 대하여 제안된 알고리즘을 8대의 CCD 카메라에 적용하여 픽셀 합(Pixel sum) 검사 알고리즘과 비교함으로써 그 성능을 평가하였다. 그리고 제품의 상태에 따른 검사 정량화의 정밀도 범위를 제안함으로써 보다 지능적인 검사 장치를 개발하였다.

이 시스템은 독립형 CCD 카메라, 조명, 영상처리 알고리즘 및 제품 공급 및 검사장치, 추출부 기구부분으로 구성되어 있다.

2. 불량 유형 및 방법

2.1 검사시스템 개발

2.1.1 밸브셀의 형상

밸브셀은 현재까지 2가지 유형의 제품이 생산된다. 본 연구에서 적용된 제품은 셀 부분과 날개가 한 몸체로 이루어진 날개 일체형이다. 즉 내면부의 고무 접착면에 금속면이 날개형으로 연결되어 내부 검사 시 유의가 필요한 제품이다. 제품의 형상은 그림 1과 같으며 각 검사 부위는 립(Lip)면, 사상면, 내부 고무면, 외부고무면, 플렌지(Flange), 스프링(Spring)으로 구성된다.

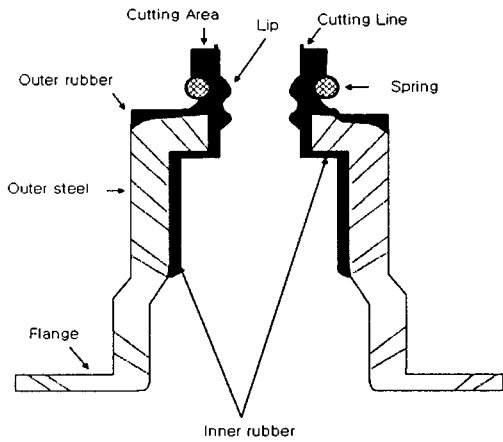


그림 1. 밸브씰의 외관 형상
Fig. 1. Morphology feature of valve seal

2.1.2 검사시스템

그림 2와 그림 3은 전체적인 검사장치의 구성도와 시스템의 각 기기 구성부로서 공급부, 광학용 유리 검사부, 높이 측정부, 인덱스 검사부, 독립형 비전 검사부, 조명부, 제어 및 서버부, 배출부로 구성되어 있다. 공급부는 호퍼(Hopper)와 리니어 피더(Linear feeder)로 구성되어 있어 일정량의 제품이 호퍼 진동자의 구동 및 리니어 피더에 의해 일정한 간격으로 이송된다. 광학용 유리 검사부는 제품의 하부 검사를 위해 투과된 영상을 획득하기 위해 사용된다. 높이 검사부에서는 각 부위별 높이 검사를 위하여 진동이 없도록 제품이 잠시 정지하여 검사한다. 인덱스 검사부는 제품의 360[°] 측면 검사를 위해 물러에 의한 회전축과 상부, 하부 검사와 양, 불량품 분류를 위하여 8축의 분할을 이루고 있다. 독립형 비전 검사부는 CCD 카메라를 이용하여 전송되는 밸브씰의 영상을 실시간으로 영상 처리하며 그 결과를 제어와 서버부에 데이터를 전송한다. 조명부는 8개의 각 CCD 카메라에 맞는 최적의 영상을 얻도록 링조명, 동축낙사 조명 및 적색과 파랑색의 LED 조명이 사용되었다.

제어 및 서버부에서는 제품의 공급, 검사, 배출에 이르는 실시간 제어와 제품의 불량유형에 따른 분류를 조합하여 저장하고 표시하며, 모니터 화면분할로 8개 카메라의 검사영상을 동시에 확인할 수 있으며,

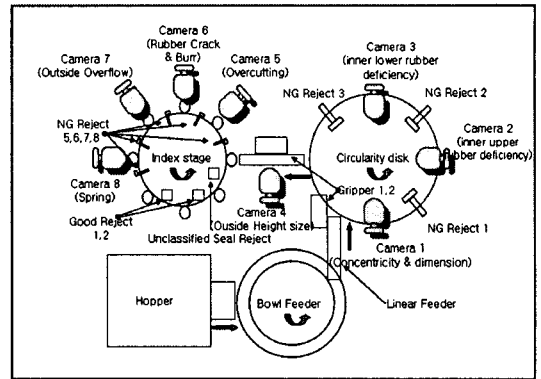


그림 2. 검사장치의 구성도
Fig. 2. Block diagram of an inspection machine

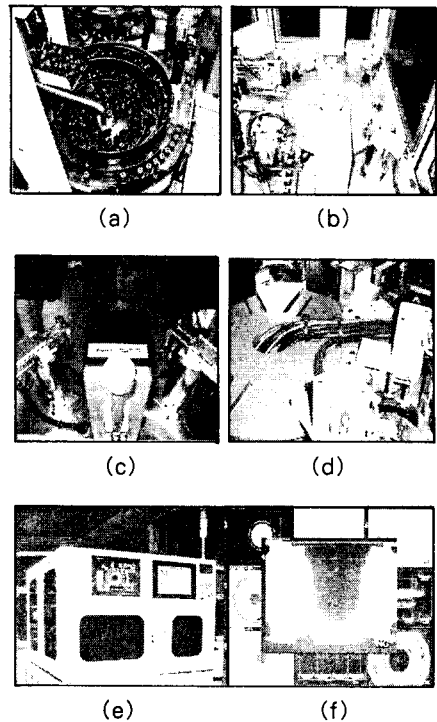


그림 3. 검사시스템 구성 및 외관
a) 호퍼 및 피더 b) 원형 회전판 c) 독립형 카메라
d) 인덱스 회전판 e) 영상 화면 f) 장치 시스템
Fig. 3. The picture and constituents of Inspection
a) Hopper & feeder b) Circularity disk
c) Standalone camera d) Index stage
e) Image monitor f) picture of system

카메라의 순차적인 영상 및 특정 카메라의 선택이 가능하도록 구성하였다. 또한 배출부는 불량 유형에

독립형 비전을 이용한 자동차용 Valve-seal의 자동 검사시스템 개발

다른 제품의 자동 배출 및 분류가 가능하도록 구성하였다.

2.1.3 영상처리 시스템

영상처리 시스템은 검사영상처리 프로그램과 영상결과 표시 프로그램(Man Machine Interface program)으로 나뉘어 있는데 검사시스템 흐름도와 영상처리 흐름도를 그림 4, 그림 5에 도시하였다.

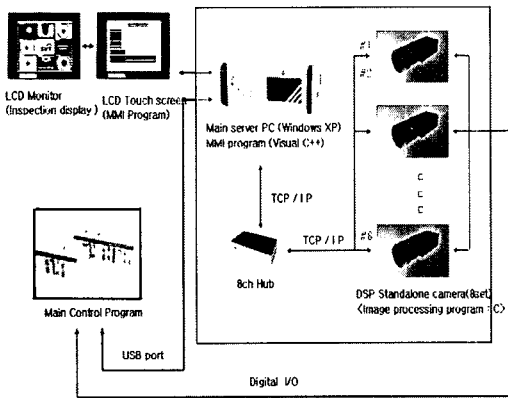


그림 4. 검사시스템의 흐름도
Fig. 4. Block diagram of Inspection system

프레임 그래버가 내장된 각 독립형 비전은 영상처리 프로그램이 입력된 밸브셀 영상을 분석하여 처리 결과를 서버에 전송한다. 각 카메라별로 처리된 결과를 수신한 서버는 각 항목에 대한 검사결과를 실시간으로 모니터에 표시하고 그 결과를 저장한다. 영상처리 프로그램은 각 카메라별로 제안된 검사 알고리즘을 적용하여 밸브셀의 형상을 검사하며, 각각의 불량유형에 적합한 검사를 위한 옵션 값을 설정하고 저장할 수 있도록 하였다. 또한 처리된 결과는 데이터 베이스화되어 일정한 형식으로 출력이 가능하도록 하였다.

2.2 밸브셀의 대표적 불량 유형

본 절에서는 밸브셀 생산 공정에서 발생하는 2가지의 대표적 불량유형 및 각각의 불량유형을 검사하기 위한 검사방안 및 최적 조명 조건에 대하여 고찰한다.

2.2.1 립(Lip) 단차, 과사상(Overcutting)

그림 6에 나타난 것과 같이 립은 고무 내면부 위쪽의 1~2[mm] 상부의 고무를 회전체위의 결합체에

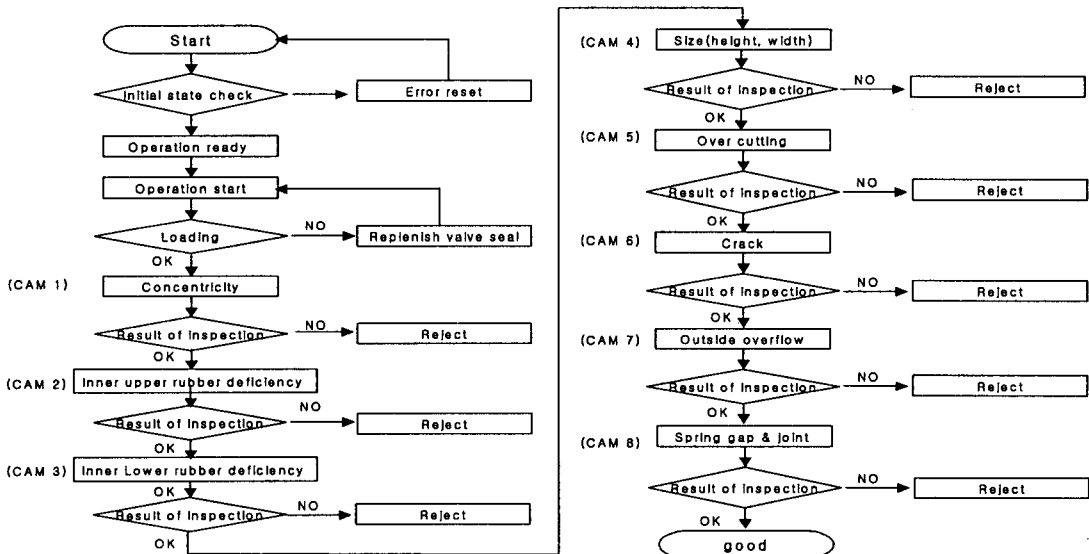


그림 5. 영상처리의 흐름도
Fig. 5. Flow chart of Image processing software for inspection

회전시켜 칼로 제거하는 과정에서 일정한 높이로 절단되지 않은 제품 중에서 과도한 사상인 과사상과 거의 절단되지 않은 미사상을 검사한다. 제품으로부터 일정거리에서 카메라를 약 15[°]이상을 기울여 영상을 촬영한다. 밸브셀을 175rpm으로 360[°] 회전시켜 가며 비동기초기화(Asynchronous reset) 방법으로 이용, 여섯 장의 영상을 셔터 속도(Shutter speed) 1/5,000초로 연속 촬영한다.

이때 립 부분이 일정한 테두리를 갖는 호 모양으로 영상이 이루어지는데 절단 부위가 일정하지 않으면 립에 단차가 형성된다. 이 경우 불량부분의 면은 주변의 고무면보다 거칠게 남아 있어 조명의 적용시 난반사를 유도하여 주변의 영상에 비하여 어두운 불량 영상을 얻을 수 있다. 이는 조명 시스템과 측정 대상물의 거리에 따른 조사 빛의 균일도와 각이 변하기 때문이다. 따라서 거친 면에서 최대한의 난반사를 유도하기 위한 광원과 대상 물체사이의 최적의 거리를 고려하여야 한다. 이러한 특성을 고려하여 조명은 립 주위에 거친 면이 상당히 존재 하므로 빛의 파장대가 적색에 비하여 짧은 청색 동축낙사 조명(Coaxial illuminator)을 사용하였다.

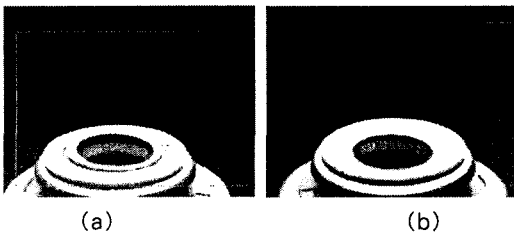


그림 6. 립 단차, 과사상
(a) 양품 (b) 불량품
Fig. 6. Lip stepped difference, Overcutting
(a) Good (b) Bad

2.2.2 스프링 불량

고무의 내부 립(Lip) 면에 대한 탄성을 유지하기 위하여 사용된 스프링의 상태를 검사한다. 즉 스프링이 누락되었거나 일부분이 늘어났거나 좁아졌거나 또는 스프링간 연결부분(조인트 : Joint)의 2회전 이상의 과결합 혹은 1 회전 이하의 미 결합된 불량을 검사한다.

금속인 스프링은 고무보다 표면의 반사정도가 훨

씬 크고 일정한 높이로 펼쳐져 있기 때문에 그림 7과 같이 나사산 모양이 명확하게 나타날 수 있도록 조명의 각도와 위치를 조절하는 방법이 필요하다. 특히 광량에 따라서 주변의 먼지와 나사산이 붙어 있는 모양으로 나타날 수 있는데 이는 나사산간의 간극 검사 시 오 검출의 요소가 될 수 있다. 이때 사용한 조명은 백색 링 조명(Ring illuminator)이다.

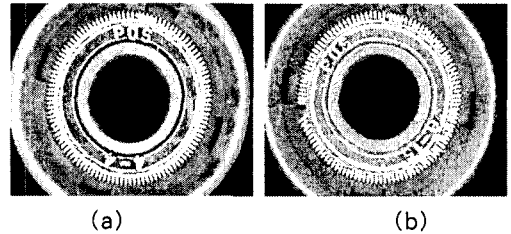


그림 7. 스프링 갭 및 조인트
(a) 양품 (b) 불량품
Fig. 7. Spring gap & joint
(a) Good (b) Bad

2.3 영상처리 알고리즘

2.3.1 경계치 처리

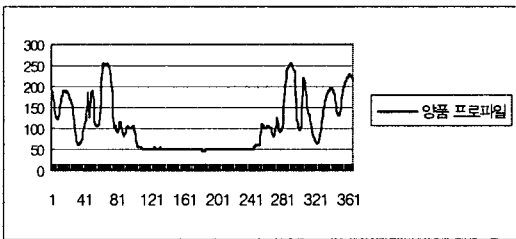
경계치 처리는 입력 영상의 화소에 대해서 명도가 일정 경계치(Threshold value) 이거나 그 이상의 경우 대응하는 출력 영상의 화소치를 1(백색)로 그 외의 경우는 0(흑색)으로 나타내는 것이다. 경계치 처리를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$O(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } I(x, y) \geq T \\ 0 & \text{if } I(x, y) < T \end{cases} \quad (1)$$

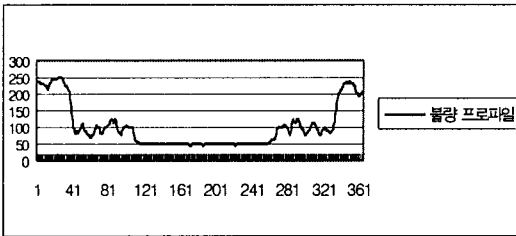
여기서 $O(x, y)$, $I(x, y)$ 는 각각 영상처리 전후의 (x, y) 에 있는 화소의 농담 치를, T 는 경계치를 나타낸다. 밸브셀 영상을 이진화 하기 위한 경계치는 불량 영역을 정상 영역과의 차이를 극대화 시킬 수 있는 값으로 정해진다. 이 경계치는 밸브셀의 각 검사 항목에 따른 검사영역에 따라 초기화 값으로 설정되므로 오랜 기간 밸브셀을 검사해 온 숙련된 검사자의 도움과 검사 항목별로 약 1,000개 이상의 제품에 대한 반복 시행착오(Trial and error) 방법에 의해 결정되었다.

2.3.2 에지 검출(Edge detection)

밸브셀은 검사 항목별로 여러 개의 에지가 존재한다. 즉 과사상 검사시 영상 내의 두 점사이의 라인 프로파일(Line profile)을 통해 경계치에 놓여있는 픽셀의 농담(Intensity) 정보를 이용하여 영상의 경계(Edge)를 검출할 수 있다. 각 검사의 영역별로 그레이 레벨(Gray level) 25이상 - 250정도의 에지 검출 경계치의 윗셋을 설정할 수 있도록 함으로써 다양한 영상상태에 대한 대응이 가능하도록 하였다. 그림 8은 밸브셀의 상부면에 대한 영상과 라인 프로파일로서 흰색과 검은색 경계치 부분에서 화소 값의 급격한 변화가 나타나며 이 변화를 추적하고 밸브셀의 특성을 파악하고 상면 고무의 각 경계면 영상을 구별하게 된다.



(a)



(b)

그림 8. 흐름불량 라인 프로파일
(a) 양품 (b) 불량품
Fig. 8. Edge detection & line intensity profile of crack
(a) Good (b) Bad

2.3.3 중심 검출(Center detection)

밸브셀의 과사상, 스프링 검사를 위한 중요한 원의 중심 검출 알고리즘이다. 일반적으로 중심검출은 CCD 카메라로부터 얻어진 밸브 셀 영상에서 임의의 원과 만나는 두 직선을 그린 다음 에지검출을 이용

해 직선과 원이 만나는 세 점을 찾아낸 후 식 (2)를 이용하여 원의 중심과 반경을 구할 수 있으나 이는 고무 제품 외곽 표면이 거칠어 에지 검출에 의한 영상내의 원이 거의 진원이 아니며, 대상 제품이 손상 이 된 경우 정확한 중심을 찾기가 어렵다.

$$x = \frac{N_1}{2D}, y = \frac{N_2}{2D} \tag{2}$$

여기서 $A(x_1, y_1)$, $B(x_2, y_2)$, and $C(x_3, y_3)$ 는 세점이고, $C_r(x, y)$ 는 원의 중심좌표이며, $D \neq 0$ 이며 N_1, N_2, D 는 모두 2×2 행렬식이다[10].

본 연구에서는 그림 9와 같이 밸브셀의 영상에서 x, y 방향의 좌우, 상하 에지를 검출하여 x, y 방향의 중심점들을 구하고 100개의 포인트에 대한 평균을 구하여 x축과 y축의 교차점을 원의 중심으로 한다. 이러한 중심검출 알고리즘은 고무제품처럼 면이 고르지 못하거나 버(Burr)나 먼지등이 많은 환경하에서 검사하는 경우에 유용하다.

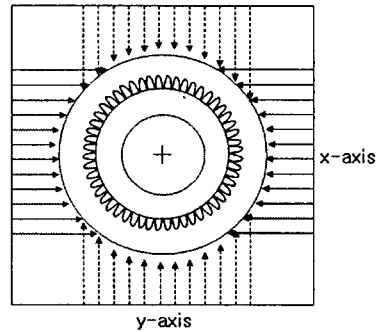


그림 9. 중심 찾기
Fig. 9. Center detection

2.3.4 원형 검출(Circle detection)

그림 10과 같이 밸브셀의 상부면에 대한 영역별 검사를 위한 원형은 4개 이상이 존재하는데 이 원형을 검출하기 위한 알고리즘으로 제안되었다.

중심(x, y)을 기준으로 정해진 반지름(r)에 대한 원형 좌표리스트(xlist, ylist)에서 1/8의 원호를 구한 후 x축, y축으로 대칭이동 및 90도 회전이동을 통하여 고속으로 원을 구한다.

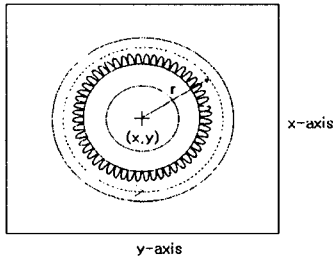


그림 10. 원형 검출
Fig. 10. Circle detection

2.3.5 평균화 필터(Averaging filter)

제품의 경계선에 있는 화소의 위치 $(x_i, y_i)(i=0, \dots, n-1)$ 의 평균값은 식 (3)으로 구할 수 있다.

$$\left(\frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} x_i, \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} y_i \right) \quad (3)$$

여기서 i 는 경계선에 있는 화소수의 총계이다.

이때 경계선의 화소에 대한 y 방향에 대하여만 값을 취하되 주변화소와의 차에 대한 절대 값을 반영한다. 즉 식 (4)와 같이 된다.

$$\frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} |(y_i) - (y_{i+1})| \quad (4)$$

3. 실험결과 및 고찰

벨브셀 제품중에서 불량과 양품을 육안으로 분류하고, 불량중에서 확실한 불량과 미세한 불량이 있는 제품을 선별한 후 2항의 영상처리 알고리즘을 적용하여 대표적인 불량 유형인 립 단차 및 과사상, 스프링 간격 검사테스트를 실행하였다. 각각의 실험에 대하여 일정 수량의 양품과 불량품에 대한 검사 데이터를 통한 고찰 결과를 나타내었다. 양품 대비 불량품의 화소 수는 확실한 불량인 경우는 화소의 차이가 커서 화소 수의 차이에 따른 검사로 검출이 가능하였으나, 미세한 불량인 경우 먼지나 이물질에 의하여 화소의 차이가 크지 않은 경우 양품을 불량으로 혹은 불량을 양품으로 분류하는 오류를 발생하였다. 그러나 본 논문에서 제안한 알고리즘을 적용한 경우 미세한 불량에 대하여도 양품과 불량품을 오류 없이 구분할 수 있었다.

3.1 립(Lip) 단차, 과사상

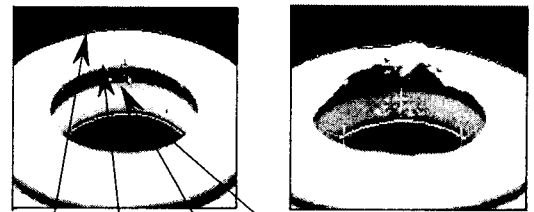
회전하는 제품의 측면 약 15°에서 촬영한 영상의 경계치 처리 후 원의 중심을 찾는다. y 방향으로 에지를 검출하여 제품의 최상단을 구하고 설정된 경계치와 에지 검출을 통해 최하단 원호의 좌우 끝단 및 나머지 원호 2개를 가려낼 수 있다. 이들 원호간의 간격을 검사함으로써 립의 단차 및 과사상의 정도를 검사할 수 있다. 이러한 검사는 360° 회전되는 제품이므로 6회에 걸쳐서 수행한다.

제1에지, 제4에지는 평균화 필터 영상처리 기법을 이용하여 에지를 구하고 제2, 제3에지 사이에는 식 (5)를 이용한다.

$$\frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} |(f_2(x) - f_3(x))| \quad (5)$$

여기서 $f_2(x), f_3(x)$ 는 y 방향의 에지 검사라인의 함수이다. 즉 제2에지와 제3에지의 차의 값에 따라서 불량제품의 인식이 가능하였다. 따라서 일정한 범위에 대한 옅은 값을 설정하여 임계치 범위를 벗어나는 제품에 대하여 불량으로 인식하여 구분하였다.

표 1에서와 같이 평균화 필터를 사용하지 않은 픽셀 수의 합만을 사용한 경우는 일정한 제품에서 양품을 불량으로 인식하였다.



제1에지, 제2 에지, 제3 에지, 제4 에지
(a) (b)

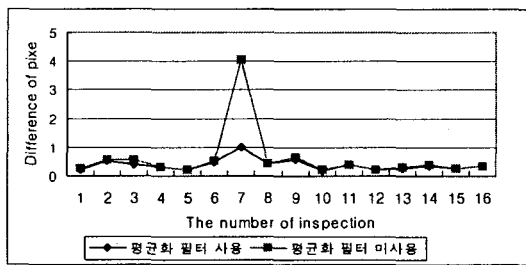
그림 11. 립단차, 과사상 검사영상
(a) 양품 (b) 불량품
Fig. 11. Inspection Image of Lip stepped difference and overcutting
(a) good (b) bad

표 1. 립단차, 과상상 검사 도표
(a) 도표 (b) 2차 에지 픽셀 평균
(c) 3차 에지 픽셀 평균

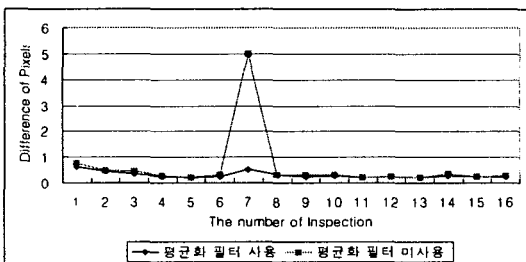
Table 1. Inspection data of lip stepped difference and overcutting
(a) Inspection table (b) The second edge line pixel average (c) The Third edge line pixel average

구분	수량	필터사용 데이터		필터미사용 데이터	
		2에지	3에지	2에지	3에지
불량품	1	0.625	0.228	0.752	0.263
	2	0.435	0.5	0.484	0.574
	3	0.362	0.386	0.438	0.57
	4	0.244	0.304	0.272	0.301
	5	0.213	0.22	0.225	0.232
	6	0.227	0.462	0.301	0.496
	7	0.527	0.971	4.992	4.041
	9	0.297	0.441	0.295	0.438
	10	0.257	0.541	0.309	0.644
	11	0.288	0.187	0.3	0.2
	양품	12	0.212	0.371	0.211
13		0.237	0.221	0.25	0.22
14		0.194	0.239	0.193	0.281
15		0.281	0.338	0.364	0.407
16		0.234	0.263	0.232	0.275
17		0.24	0.344	0.27	0.357

(a)



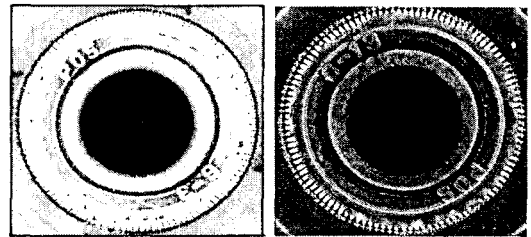
(b)



(c)

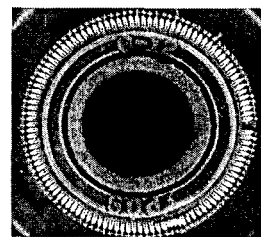
3.2 스프링 불량

스프링불량의 검사에서는 먼저 스프링의 중심을 구하고 외곽에지를 검출하여 각 최고점을 스프링 산 (Top)으로, 최하점을 골(Bottom)로서 인식한다. 설정된 산과 골 사이의 거리를 기준으로 일정한 높이 이상의 산에 대하여 산과 산 사이의 거리(Gap)를 검사하여 저장하고 기준이하, 이상인 경우에 대하여 불량처리 하였다. 또한 스프링이 녹이 나거나 상부의 버에 의하여 스프링이 가려지는 경우 각 산과 골로 이루어진 한 개의 스프링에 대하여 불립(Blob) 처리하여 일정 경계치 이하의 화소치에 대하여 검사함으로써 불량유무를 가려낼 수 있었다. 또한 스프링의 연결부위에 대하여도 스프링간의 거리를 설정된 값에 따라 검사하므로 불량을 구분할 수 있었다.



(a)

(b)



(c)

그림 12. 스프링 겹 및 조인트 검사영상

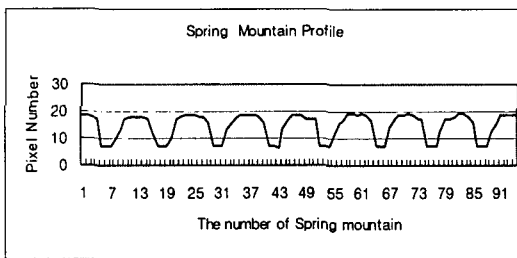
(a) 양품 (b) 불량품(버) (c) 불량품(갭)

Fig. 12. Inspection image of spring gap & joint

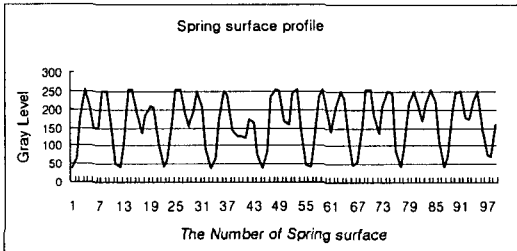
(a) Good (b) Bad(burr) (c) Bad(gap)

그림 12는 스프링 산의 영상의 일부에 대하여 에지를 따라서 픽셀수로 표시한 영상이다. 그림 13과 같이 스프링 단면 40-41은 그레이 레벨이 200이내의 값이 존재함으로써 불량으로 분류할 수가 있다. 이는 조명 조건에 따라서 산의 형상이 일정하도록 구

성하는 것의 중요성을 나타낸다. 또한 스프링 프로파일을 통해서 알 수 있듯이 스프링에 이물질이 있거나 손상을 입은 경우 산과 산사이의 간격이 일정한 크기 이상으로 이격되어 그 간극을 측정하므로 불량률 검사할 수가 있었다. 표 2에서 조인트는 스프링 양단의 결합 위치를 나타낸 것으로 검사 제품 중에서 조인트 간격과 산간 간격의 최대치에 대한 불량률의 조합에 따라 불량과 양품을 구분하였다.



(a)



(b)

그림 13. 스프링 갭과 조인트
 (a) 스프링 산 에지 (b) 스프링 프로파일
 Fig. 13. Inspection image of spring gap & joint
 (a) Spring mountain edge
 (b) Spring profile

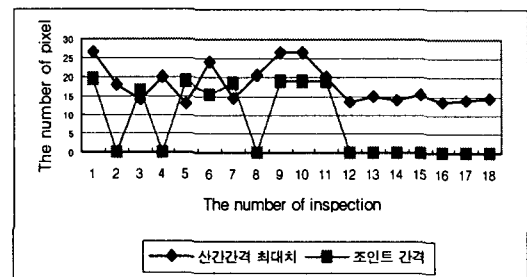
4. 결 론

본 연구에서는 자동차용 밸브셀의 생산 시 양품과 공정 중 발생하는 여러 가지 불량 유형에 대하여 실시간으로 구별하여 처리할 수 있는 검사 시스템과 영상처리 알고리즘을 개발하였다. 영상 획득 시 사용된 독립형 비전은 3200MIPS TI CPU를 내장한 640*480 해상도 카메라이며, 각 카메라에서 소요되는 처리 시간은 최대 0.7[sec]이었다.

표 2. 스프링 갭과 조인트
 (a) 도표 (b) 데이터 그래프
 Table 2. Inspection data table of spring gap & joint
 (a) Inspection table (b) Result graph

구분	수량	산간 간격 최대치	조인트간격
불량	1	26.627	19.416
	2	18	0
	3	13.928	16.401
	4	20.248	0
	5	13	19.105
	6	24.042	15.524
	7	14.318	18.385
	8	20.616	0
	9	26.476	19.026
	10	26.476	19.026
	11	20.125	19.235
	12	18.454	0
	13	19.765	0
양품	14	14.213	0
	15	15.62	0
	16	13.416	0
	17	14.213	0
	18	14.318	0

(a)



(b)

제품의 중심을 찾아 원호를 그리고 관심영역에 대해 시행한 평균화 필터 알고리즘은 대표적 불량유형인 립 단차 및 과사상에 있어서 픽셀의 합에 의한 검사보다도 더 적합한 최적의 검사 알고리즘임을 확인할 수 있었다.

스프링 불량률의 경우 정량화된 검사기준을 제시하고 이 제시된 불량판정의 기준을 적용하면 용이하면

독립영 비전을 이용한 작동차용 Valve-seal의 작동 검사시스템 개발

서도 높은 정밀도로 양품과 불량품을 효과적으로 선별할 수 있음을 알 수 있었다. 그리고 밸브셀에서 나타나는 대표적인 2가지 불량유형에 따른 최적조명 선택과 비동기초기화를 이용해 여섯 장의 영상을 연속 촬영하여 검사하는 기법을 제안하였다.

향후 연구과제는 조명의 변화에도 현재의 검사방법에 의한 검사조건을 조작 없이 밸브셀의 중심 찾는 알고리즘이 가능하도록 하는 알고리즘의 개발이 필요한 과제로 남아 있다.

References

- [1] Hosino, M., Misno, K., Toma, T., Sato, Y., Tsujitake, M. and Yamanaka, Y., "Combustion Monitoring System Applied Image Data Processing," Thermal & Nuclear Power Generation, Vol. 42 No. 12, pp. 1725-1733, 1991.
- [2] Nakano, K. and K. Takizawa. "Studies on sorting systems for fruits and vegetables, part 2. Development of whole image data collecting system and detection of injured apples," J. Soc. Agr. Structures, jap. 28(1): pp.13-20, 1997.
- [3] MMoganti, F.Ercal, C.Dagli, S.Tsunekawa, "Automatic PCB Inspection Algorithms: A Survey," Computer Vision and Image Understanding, Vol.63, No.2, pp.287-313.
- [4] A.Baykut, A.Atalay, A.Ercil, M.Guler, "Real-time Inspection of Textured Surfaces," Real-Time Imaging, Vol.6, pp.17-27, 2000.
- [5] F.Tridic, B.Sirok, P.R.Bullen, D.R.Philpott, "Monitoring Mineral Wool Production Using Real-Time Machine Vision," Real-Time Imaging, Vol.5, pp.125-140, 1999.
- [6] MRajeswari, M.G. Rodd, "Real-Time Analysis of an IC Wire-bonding Inspection System," Real-Time Imaging, Vol.5, pp.407-421, 1999.
- [7] O.D.Kwon, "A Study on the Development of Cutting Tool Inspection System Using Computer Vision," PGD.Dissertation, KAIST, 1996.
- [8] C.H.Lee, T.D.Cho, "A Study on the End Mill Wear Detection by the Pattern Recognition Method in the Machine Vision," Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol.20, No.4, pp.223-229, 2003.
- [9] B. G. Loh, D.Y. Kim, Y.K. Park, "Development of an Inspection Machine for Automotive Oil-Seals Using Machine Vision," Transactions of Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 12, No. 3, pp.184-191, 2004.
- [10] <http://geocities.com/kiranisingh/center.html>

◇ 저자소개 ◇

이규훈 (李揆堉)

1962년 2월 1일생. 1986년 동국대학교 전기공학과 졸업. 1990년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 1999년~현재 동대학원 전기공학과 박사과정.

김 용 (金 龍)

1957년 3월 20일생. 1981년 2월 동국대 전기공학과 졸업. 1994년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1995년~현재 동국대 전기공학과 교수.