

비전시스템을 이용한 분말야금제품의 검사공정자동화

Automation of Inspection Process for Powder Metallurgy Products Using The Image Processing

이재종, 최재완
한국기계연구원 자동화연구부

ABSTRACT

분말야금제품의 결합은 작업공정중 소결전에 제품간의 충돌과 찍힘 등의 표면결합과 작업불량으로 인한 형상결합이 주로 발생하기 때문에 작업종료 후 육안검사를 통해서 결합부품을 선별하며, 이로 인해 검사비용상승과 작업능률을 저하시킨다. 따라서, 본 논문은 비전시스템을 사용하여 분말제품의 주류를 이루고 있는 자동차용 피스톤류의 표면결합과 형상결합을 자동으로 검출함으로써 검사공정의 효율향상과 생산성을 높일 수 있는 검사공정자동화장치를 개발했다.

(Key Words : CCD Camera, 표면결합, 검사장치, 분말야금)

1. 서론

분말야금 공정(powder metallurgy process)은 제품의 단위성분을 혼합하여 만든 분말을 대형프레스에서 제품의 형상으로 프레스 작업한 후 고온에서 소결(sintering)하여 제품을 생산하는 방식으로, 기계가공과는 다르게 생산성이 비교적 높고, 기계가공이 곤란한 소형의 제품이나 복잡한 제품도 생산이 용이하여 기계류나 자동차부품 등 많은 부분에서 분말야금 제품이 사용되고 있다.

이러한 분말야금 제품을 생산하는데 있어 발생하는 중요한 문제점은 작업중 분말이 비산되어 작업환경을 악화시키고, 분말야금 공정이 프레스작업을 하기 때문에 프레스에서 사용되는 금형의 마모나 변형에 의해서 제품의 형상오차(외형 및 구멍크기 등)가 발생한다. 또, 소결하기 전의 제품은 단순히 분말을 프레싱한 것에 불과하기 때문에 다른 제품과 부딪힐 경우 부분적인 깨짐과 표면에 흠집 등이 생겨 제품불량이 된다. 현재 이러한 불량제품을 공정중에 선별하는 것은 매우 어렵기 때문에 생산공정이 종료된 후 검사실에서 작업자의 선별작업에 의해서 불량제품을 선별하고 있다. 이러한 선별작업은 작업자의 육안검사에 전적으로 의존하고 있기 때문에 반복적인 작업으로 인해서 작업능률저하 및 불량률 증가를 초래한다. 따라서, 작업자의 육안검사에 의존할 수 밖에 없는 최소공정 이외에는 on line 검사자동화가 반드시 필요하다.

On-line 검사자동화 시스템은 점차 제품의 대외경쟁력과 상품성이 제품의 생산단가와 품질에 좌우되기 때문에 작

업자에 의한 판단오류를 최소화시켜 제품의 불량률을 최소화하기 위한 관점에서 연구되고 있다[1,2,4]. 또한, 제품검사공정을 자동화함으로써 작업인원의 감소 및 작업효율을 높일 수 있기 때문에 생산라인의 무인화측면에서 다양한 형태의 시스템이 연구되고 있다.

본 논문에서는 비전시스템을 이용하여 다양한 종류의 자동차용 피스톤의 표면결합(깨짐, 찍힘, 굽힘) 및 형상결합(구멍갯수, 구멍막힘, 크기선별, 측면의 단자유무)을 자동검사하여 불량품을 자동선별할 수 있는 검사공정 자동화장치를 개발했다.

2. 대상부품의 선정 및 결합특성

2.1 대상부품의 선정

검사공정 자동화장치의 대상부품 선정은 검사자동화장치의 도입효과 및 생산성을 높일 수 있는 관점에서 월생산량이 비교적 많고, 유사한 형상을 가진 피스톤류를 대상부품으로 선정했다. 피스톤류는 자동차용 충격흡수장치(shock absorber)에 사용되는 리어피스톤(rear piston)과 프론트피스톤(front piston)으로 구분되며, 단위제품으로는 생산량이 많고, 형상이 유사하다. 이 제품은 주로 표면에 흠집이나 파손이 생기기 때문에 검사실에서 주로 육안검사를 해야 하고, 전체 검사비용의 약 50%를 차지하는 제품이다.

다음 <그림1>은 프론트피스톤의 형상을 나타낸 것으로, 외부형상은 동일하나 내부의 구멍갯수와 위치가 다르며, 대상제품의 월생산량은 17만개 정도이다.

2.2 결합특성의 분류

대상제품의 결합특성은 검사장치의 검사방법을 결정하는데 매우 중요하며, 검사자동화의 신뢰성에 직접적인 영향을 미치기 때문에 대상부품에서 발생하는 결합형태의 조사 및 분석이 필요하다. 분말제품에서 발생하는 결합의 종류는 <표1>과 같이 분류할 수 있다.

3. 결합특성에 따른 검사방법

개발한 검사공정자동화 장치는 분말야금 제품의 결합형태가 <표1>과 같이 표면결합과 형상결합이기 때문에 형상

결합중 측면의 단차검사는 접촉식센서를 이용했으며, 표면결합과 구멍의 결합은 비전시스템을 사용한 비접촉식방식을 사용했고, 사용된 비전시스템의 사양은 <표2>와 같다.

본 논문의 비전검사는 1차, 2차, 3차검사로 분류되며, 단계별 검사방법은 대상부품의 구멍수(내주면,외주면)의 부족, 구멍의 크기, 구멍의 벼, 구멍의 막힘을 검사하는 1차검사와 표면의 깨짐과 착힘, 모서리부의 깨짐, 표면의 긁힘(scratch) 및 단의 깨짐등의 결합을 검출하는 2차검사와 반향전환장치(turn-over device)를 이용하여 이면의 깨짐을 검출하는 3차검사로 분류된다.

3.1 1차검사

1차검사는 제품표면의 구멍갯수, 내/외경의 오차, 구멍의 벼, 구멍의 막힘등을 찾기위해서 대상부품의 아래쪽에 설치한 확산조명장치를 ON시켜 구멍을 통해 나오는 빛을 이용하여 구멍갯수의 판단, 내/외경의 계측, 구멍의 면적에 따른 벼의 존재나 구멍막힘 등을 검출한다. 1차검사의 화상처리단계는 1) 화상의 획득, 2) 화상의 이진화, 3) 화상의 레이블링, 4) 구멍갯수의 연산, 5) 각 구멍의 면적 계산과 6) 각 구멍의 중심간 거리 계산단계를 거쳐 제품결함을 검출하며, 1차검사의 화상처리결과는 <그림2>와 같다.

3.2 2차, 3차검사

2차, 3차검사 방법은 CCD카메라의 렌즈부분에 설치된 냉광조명장치를 이용하여 피스톤표면에 빛을 조사하면 표면이나 모서리의 깨진부분은 정상표면에 비해 극히 겹게 나타나고, 표면의 긁힘 등은 표면보다 훨씬 희게 나타나는 특성을 이용했다. 2차검사와 3차검사시 조명은 상향조명을 이용하고, 3차검사는 2차검사후 방향전환장치를 사용하여 제품의 이면을 검사한다. 2차, 3차검사를 위한 화상처리 단계는 아래와 같고, <그림3>과 <그림4>는 2차, 3차검사의 화상처리 결과이다.

- 1) 화상의 획득
- 2) 수평, 수직방향의 가우시안 컵블류션(Gaussian convolution)
- 3) 비선형 라플라시안(nonlinear Laplacian)
- 4) 영점교차점 검출(zero crossing detection)
- 5) 각 영역별 영점교차점 유무 판별

4. 검사자동화장치의 설계 및 특성

검사자동화장치의 기본적인 설계방향은 형상이 유사한 피스톤류를 검사할 수 있도록 유연성을 고려하여 설계했고, 검사자동화장치는 부품공급장치, 단차측정장치, 비전검사장치, 불량품 추출장치, 수량검사장치 및 양품적재장치로 구성되어 있다. 다음 <그림5>는 개발한 검사자동화장치이다.

4.1 검사장치의 특성

검사장치의 부품공급장치를 통해서 제품검사부로 부품을 흘려보내는 슈트의 폭과 단차검사부와 비전검사부로 이어지는 슈트의 폭을 조정하거나 방향전환장치의 공압그리퍼(gripper)를 교환하면 크기가 다른 제품의 검사장치로도 사

용할 수 있게 설계함으로써 검사장치의 유연성을 높였다.

부품공급장치는 검사부품간의 착힘 및 긁힘 발생을 방지하기 위해 원형로더를 이용하였다. 원형로더로 부터 공급된 검사부품은 슈트를 타고 측정검사부로 이동된후 공압실린더를 사용하여 검사부품을 단차측정장치로 이동시킨다. 단차측정장치는 피스톤의 측면에 있는 단차(slot)를 측정하는 장치로 그리퍼에 편을 부착하여 한 번의 칙킹으로 단차의 직경과 위치를 측정할 수 있고, 단차위치로 인한 오차율은 약 1% 정도이다.

불량품 추출장치는 단차검사와 비전검사후에 제품을 이송유니트(feeding unit)를 사용하여 이송하는데 검사결과 불량인 제품은 이송유니트로 이송중에 제품이송용 슈트의 밑면이 개방되어 불량품 추출상자로 추출될 수 있게 설계했다. 수량검사장치는 검사가 종료된 제품을 수요자의 요구에 맞게 수량을 계산하여 포장상자에 직접 적재함으로써 포장스테이션의 공정을 줄일 수 있고, 작업인원을 줄일 수 있다. 양품적재장치는 검사가 종료된 제품을 포장단위로 적재할 수 있게 설계된 것으로 준비된 포장에 적재해야 할 제품 수량 정보를 이용하여 검사자동화장치에 부착된 수량검사기를 이용하여 필요한 수량만큼의 제품을 적재한 다음 적재된 부품상자를 이송시킨다.

4.2 검사장치의 순차제어

본 논문에서 제시한 검사자동화장치의 제어흐름은 <그림6>에 나타낸바와 같이 원형로더(dial loader)로 연속적으로 부품을 공급하고, 원형로더의 슈트를 통해서 일렬로 부품이 공급되어 검사장치부의 슈트에 있는 공압실린더로 구성된 pusher에 부품이 도착하면 pusher가 동작한다. pusher의 1회 전진/후진 동작에 의해서 pusher에 공급된 검사부품은 단차검사부로 이송된다.

단차검사부에서는 근접센서에 의해서 부품도착을 감지한 다음 단차검사장치가 동작하여 단차를 검사하며, 검사결과가 불량인 경우는 불량품추출장치(#1)가 동작하여 불량품을 추출하고, 양품인 경우는 이송유니트를에 의해서 검사부품을 비전장치로 이송시킨다.

비전검사장치에서도 근접센서에 의해 부품도착을 감지한 다음 하단의 확산조명이 ON된 후 1차검사가 이루어지고, 1차검사가 완료되면 상단의 광학냉광 조명장치가 켜지면서 2차검사가 바로 진행된다. 다시 2차검사가 완료되면 3차검사를 위해 방향전환장치(turn over device)에 의해서 이면검사를 할 수 있도록 검사부품의 방향이 전환된다.

이러한 비전검사가 완료된 후 검사결과가 불량인 경우는 불량품추출장치(#2)가 동작하여 불량품을 추출하고, 양품인 경우는 이송유니트에 의해서 수량검사장치와 적재장치로 이송된다. 본 논문에서 제시한 검사자동화장치는 24V 릴레이와 PLC에 의해서 제어되고, 비전검사장치와 검사자동화장치는 24V릴레이를 사용한 ON/OFF제어를 이용했다.

4.3 검사자동화장치의 현장적용

검사자동화장치는 전술한 바와 같이 부품공급장치, 단차측정장치, 비전검사장치, 불량품 추출장치, 수량검사장치 및 양품적재장치로 구성되어 있다. 부품공급장치는 순차적으로

적재된 부품을 측정스테이션으로 이동시켜주는 이송장치로서, 작업속도에 따라 부품공급속도의 조정이 가능하다. 단차검사장치의 검사소요시간은 약 1초 미만이다. 비전검사장치의 검사소요시간은 표면과 이면을 검사하는데 약 4초정도가 소요되었으며, 검사자동화장치의 사이클타임은 약 5초 미만이다. 따라서, 현재의 작업시간동안(약 9시간) 본 검사자동화장치를 사용할 경우 현 생산량을 전품검사할 수 있다.

5. 결론

분말야금 공정에서 발생하는 제품결함은 주로 공정중에 제품간의 충돌 및 찍힘에 의해서 주로 발생하고, 이런 결함을 작업공정중에 검출하는 것은 매우 어렵다. 따라서, 생산공정이 종료된후 작업자의 육안에 의한 선별검사가 이루어진다. 이러한 상황에서 작업자의 반복적인 작업으로 인한 작업능률의 저하와 불량율상승, 인건비상승으로 인한 제품단가상승을 초래함으로써 대외 경쟁력을 잃고 있다.

이러한 관점에서 본 논문에는 비전시스템을 이용하여 분말야금 제품의 결함을 자동으로 검사함으로써 제품검사의 생산성 및 효율을 향상시킬 수 있는 검사자동화장치를 개발했다. 개발된 장치는 분말제품의 표면결함(찍힘, 깨짐, 긁힘, 크래)과 형상결함(구멍갯수, 구멍막힘, 측면의 단차 유무)을 자동검출할 수 있고, 검사소요시간은 약 5초정도 소요되며, 검사장치의 슈트와 그립퍼 등을 조정하면 크기가 다른 제품의 검사장치로도 사용할 수 있게 설계함으로써 검사장치의 유연성을 높였다.

참고문헌

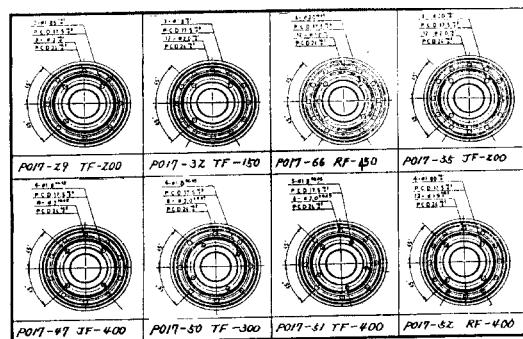
1. A.Razban et al, "On Line Control of a Manufacturing Cell Using Visual Inspection", Int. J. of CIM, Taylors & Francis, Vol.4, No.5, PP.315-320, 1991
2. 藤川元一郎, "고정도 가공품의 On-Line 계측", 프레스기술, 새27권 제2호, 1989
3. R.D.Boyle et al, Computer Vision : A First Course, Blackwell, 1988
4. 村上和人, "화상처리기술의 산업응용", Machinist, Vol.8, PP.85-88, 1990

<표1> 제품결함의 종류

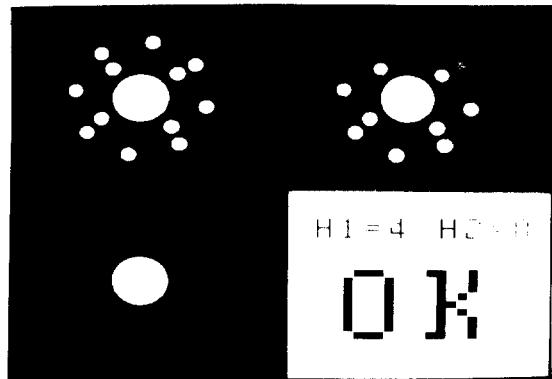
분류	결합종류	주발생위치
표면결합	찍힘 깨짐 긁힘/크래	외주면, 내주면 내륜/외륜단자(step), 이면단자 외주면, 내주면, 모서리
형상결합	구멍갯수 부족 구멍막힘 구멍의 버(bur) 측면의 단차유무	구멍 측면

<표2> 비전시스템의 사양

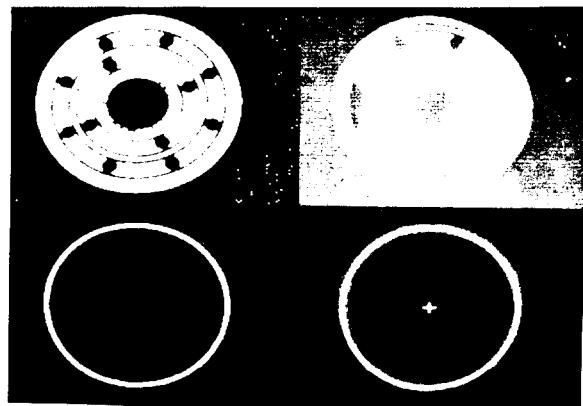
구 분	사 양
Image Board	Video raptor(BitFlow) 1Mb VRAM(4 pages) VESA local bus type RS-170 input at 640x480 33Mb/sec access rate
Camera	CCD camera (XC-75), Sony 108mm Zoom
Light Source	Optics Fiber GLG-PS type, GLG-PR type
Micro-Computer	CPU : Intel486DX2-66 HDD 560Mb(RAM 8Mb) M. Board : SOYO 486 VIDEO : ET4000 W32P (TSENG)



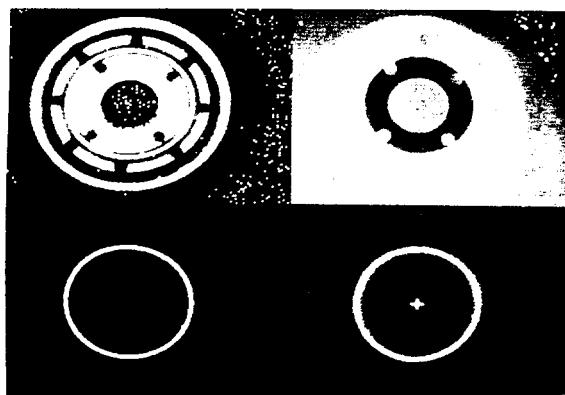
<그림1> 프론트피스톤의 형상



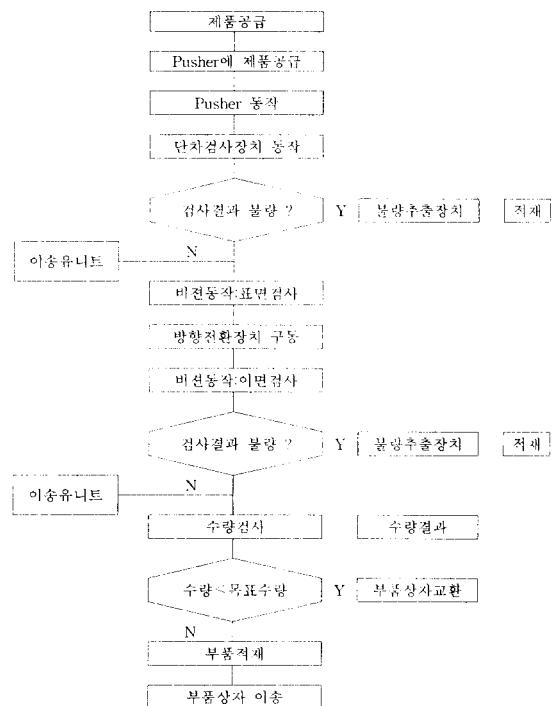
<그림2> 1차검사의 화상처리 결과



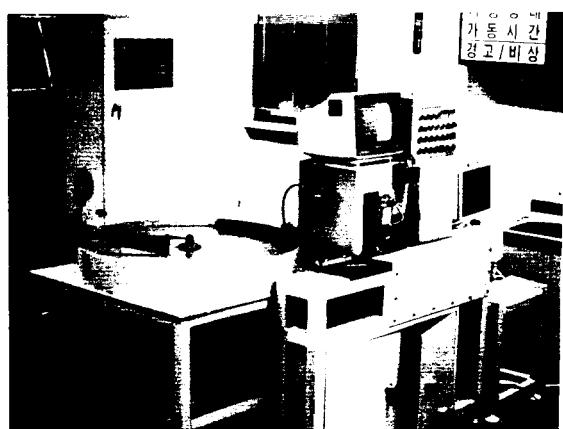
<그림3> 2차검사의 화상처리 결과



<그림4> 3차검사의 화상처리 결과



<그림6> 단위 검사장치의 세이흐룹도



<그림5> 검사자동화장치