

Injected E.V.A Midsole의 검사를 위한 영상처리 기술에 관한 연구

강인혁*, 조연상(동아대 대학원 기계공학과), 박흥식(동아대 기계산업시스템공학부)

Study on Image Processing Technique for Inspection of Injected E.V.A Midsole

I. H. Kang, Y. S. Cho(Mech. Eng. Dept., DAU), H. S. Park(Mech. I.S Eng. Dept., DAU)

ABSTRACT

It is need to inspect a injected E.V.A midsole automatically in shoe manufacture. We applied image processing technology to inspect a injected E.V.A midsole. Captured image by CCD camera was processed with smoothing and edge detection. We compensated error of length from processed image of gauge block and error by bending strain with the measurement method of interval length for midsole image.

Key word : Injected E.V.A Midsole(사출E.V.A중창), Smoothing(평활화), Edge Detection(윤곽추출), Gauge Block(게이지 블록), Measurement Method of Interval Length(구간길이 측정법)

1. 서론

최근 injected E.V.A (Ethylene Vinyl Acetate copolymer)를 사용한 midsole 제조기술이 개발되어 차츰 이의 제조방법을 도입하여 midsole을 성형하는 추세에 있다. 그러나 이 부품의 제조상의 단점은 성형 후 수축에 의한 변형이 생긴다는 것이다. 따라서 injected E.V.A midsole의 제조공정에서 사출 preform의 검사는 필수항목이라 할 수 있다. 그러나 이의 검사방법은 샘플링 및 육안에 의한 전수검사에 의존하고 있으며, 이러한 육안에 의한 전수검사는 검사자의 피로도, 검사의 일관성 및 비용 등의 많은 문제점으로 인하여 최적의 검사가 이루어지지 못하고 있다. 따라서 이에 대한 자동화된 검사방법의 개발이 매우 필요한 실정에 있다.

따라서 이러한 사출 preform의 자동검사를 위하여 국내외에서 일찍부터 인간의 눈을 대신할 수 있는 컴퓨터 영상인식 및 영상처리^(1, 2)에 대하여 관심을 갖고 이의 적용을 위해 연구를 하기 시작하였다. 하지만 이러한 기술은 1990년대 초반까지만 하더라도 고가의 초고속 컴퓨터를 필요로 하였기에 그다지

실용화되지 못하였으나, 최근 컴퓨터 하드웨어 기술의 급격한 발전과 함께 영상처리 기술이 발전함에 따라 국내·외에서 영상처리를 이용하여 다양한 제품 및 사출품의 자동검사에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있으며 일부 실용화가 되어있다.^(3~8) 그러나 현재 개발되어 일부 실용화되어 있는 2D 비전에 의한 검사기계는 injected E.V.A midsole의 인식 및 가공치수에 대한 검사 속도, 2차원 영상의 측정한계 및 측정오차 보정 문제와 midsole의 굽힘과 같은 형상의 불일치성 등으로 인하여 전수검사를 위한 자동검사 시스템에는 많은 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 개선하고 실시간(real time)으로 대상물체를 자동적으로 검사하기 위해서는 보다 새로운 방식에 의한 검사방법의 구축이 절실히 필요하다고 생각된다.

이를 위하여 본 연구에서는 injected E.V.A midsole을 검사하기 위한 영상처리 시스템을 구축하고 이를 이용하여 게이지블록(gauge block)의 길이를 측정한 후 길이에 따른 측정오차를 검토하고 이에 대한 보정을 통해 midsole의 길이방향의 측정 오차를 최소화하고자 하였으며, midsole의 길이를 측정하기

위하여 구간길이 측정법을 적용함으로써 다소 불일치한 형상을 갖는 midsole에 대한 검사방법을 구축하고자 함을 목적으로 하였다.

2. 실험방법 및 결과

2.1 영상처리 시스템의 구성

Fig. 1은 injected E.V.A midsole 검사를 위한 영상처리 시스템의 개략도를 나타낸 것으로 카메라와 물체까지의 거리를 조절할 수 있는 이송테이블 위에 컬러 CCD 카메라(1/2 inch, 도시바)를 설치하였고, 카메라를 통하여 얻어진 midsole의 영상은 컴퓨터 내에 장착된 해상도 640×480, RGB 각각 8bit 분해능을 갖는 프레임그래버(frame grabber)를 이용하여 획득하였다.

본 연구에서는 midsole의 전체형상을 획득하기 위하여 카메라와 midsole 중심까지의 거리를 380 mm로 고정하였으며, 카메라의 렌즈는 초점거리 6 mm인 렌즈를 사용하였다.

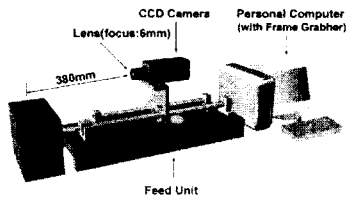


Fig. 1 Image processing system

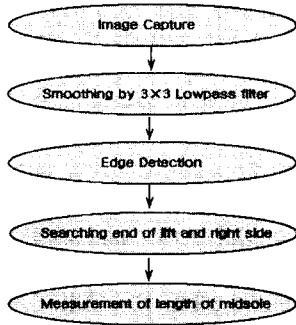


Fig. 2 Flow chart of image processing algorithm

Fig. 1의 영상처리 시스템으로부터 획득한 midsole의 영상에서 midsole의 형상을 추출하고 그 길이를 측정하여 검사하기 위한 영상처리 알고리즘의 흐름도를 Fig. 2에 나타내었다. injected E.V.A midsole의 검사를 위하여 CCD 카메라로부터 midsole의 영상을 획득하고 그 영상에 대하여 잡음 및 고립

점등의 비교적 높은 주파수 성분을 제거하기 위하여 평활처리를 한 후, 1차 미분법을 사용하여 윤곽선을 추출하였다. 이와 같이 추출된 경계에 대하여 좌우측 윤곽의 끝지점을 탐색하고 구간길이 측정을 사용하여 midsole의 길이를 측정하였다.

2.2 영상의 평활처리 및 윤곽선 추출

일반적으로 카메라로부터 획득한 영상은 많은 잡음 성분이 존재하고 있다. 따라서 물체의 윤곽선을 추출할 경우 이러한 잡음 성분이 포함되어질 수 있기 때문에 윤곽선 추출처리를 하기전에 평활처리(smoothing)를 통하여 잡음 성분을 제거할 필요가 있다.^(4~5) 평활처리는 일반적으로 고속으로 처리하기 위하여 3×3, 5×5, 7×7 등의 크기를 갖는 필터 마스크(filter mask)를 사용하고 있으며 이러한 필터를 lowpass filter라고 한다. 본 연구에서는 평활처리를 위하여 Fig. 3과 같은 3×3 필터 마스크를 사용하였다.⁽²⁾

$$\frac{1}{9} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Fig. 3 Lowpass filter of 3×3 size

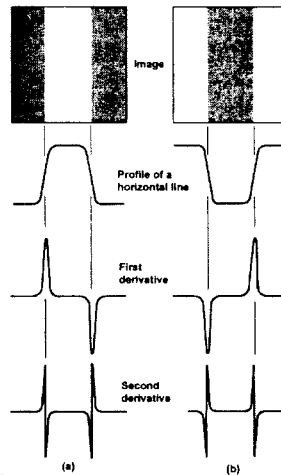


Fig. 4 Edge detection by derivative operator

잡음 성분을 제거한 물체의 영상으로부터 윤곽선을 추출하기 위하여 일반적으로 영상의 1차 또는 2차 미분법을 사용한다.^(3~6) 1차 미분법은 Fig. 4에서와 같이 물체 경계부분의 농도차의 기울기에 의해 경계부분만을 강조하는 것으로 주로 윤곽선을 추출하는데에 사용되어지고 2차 미분법은 경계에 대하여

어두운 부분과 밝은 부분을 구분 짓는데 사용되어진다.⁽²⁾

본 연구에서 이용한 1차 미분법은 영상 $f(x,y)$ 의 임의의 점(point)에서 화소 농도의 기울기의 크기를 구하는 것으로 영상 $f(x,y)$ 의 함수에 대하여 임의의 점에서 f 의 기울기 벡터(vector)는 식(1)과 같이 나타내어지고 기울기의 크기는 식(2)로 표현할 수 있다.

그러나 실제로 고속으로 영상처리를 하기위하여 식(2)는 Fig. 5의 (a)와 같이 (x,y) 의 위치에서 근방화소들의 농도값을 z 라고 할 때, 근사적으로 식(3)으로 나타낼 수 있다. Fig. 5의 (b)와 (c)는 이와 같이 유도되어진 Prewitt 연산자를 나타낸 것으로 식(3)을 3×3 마스크의 형태로 표현한 것이다.^(1~2)

$$\nabla f = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$|\nabla f| = \left[\left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (2)$$

$$\nabla f \approx |(z_7 + z_8 + z_9) - (z_1 + z_2 + z_3)| + |(z_3 + z_6 + z_9) - (z_1 + z_4 + z_7)|$$

물체의 영상으로부터 길이는 화소수로 표현되기 때문에 실제 길이의 값으로 구하기 위해서는 영상의 1화소에 대한 길이의 비율을 구할 필요가 있다. 이를 위하여 본 연구에서는 Mitutoyo사의 게이지 블록 셋(set) 중에서 100 mm 게이지 블록을 기준시편으로 사용하여 길이 비율을 구하였다. Fig. 6은 기준시편으로 사용된 100 mm 게이지 블록을 영상처리하여 윤곽선을 검출하고 x축 방향에 대한 길이를 측정하여 나타낸 것으로 기준시편의 x축 방향 길이는 192화소로 1화소당 길이는 0.52083 mm 의 크기를 갖고 있음을 알 수 있었다.

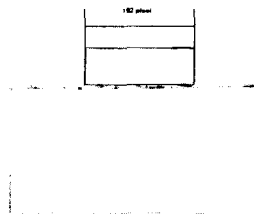


Fig. 6 Measurement of length for 100 mm gauge block

또한, 본 실험에서 사용된 렌즈는 초점거리 6 mm 인 일반 CCTV용 정밀렌즈로 빛의 굴절 및 왜곡 현상이 나타나므로 물체의 크기에 따라 측정오차가

발생할 수 있다.

Table 1은 이에 대한 보정을 위하여 50, 100, 150 및 175 mm 게이지 블록의 길이를 측정하여 오차를 비교하여 나타낸 것으로 시편의 크기가 커짐에 따라 영상처리를 통해 측정된 길이는 실제 길이보다 더 작게 나타남을 알 수 있다. 이는 렌즈에서의 빛의 굴절 및 왜곡현상 때문이라고 생각되어지며, 이 결과로부터 식(4)와 같은 측정 오차 보정식을 구하여 측정오차를 감소시켰다. Table 2는 식(4)의 보정식에 의해 길이를 측정한 결과로 측정오차가 ± 0.6 mm 이내로 감소되어졌다. 이는 midsole의 치수정밀도가 $\pm 2 \sim \pm 3$ mm 인 점을 고려하였을 때, 적절한 오차 범위내에 있다고 판단된다.

Table 1 Comparison of real and measured length of gauge block before error compensation

Length of Gauge Block(mm)	Measured length(mm)	Error (mm)
50	53.6457	3.6457
100	99.9994	0.0006
150	147.3957	-2.6043
175	169.7916	-5.2084

$$L' = (L - 7.009) / 0.9322 \quad (4)$$

(L' : 보정된 길이, L : 실제 측정된 길이)

Table 2 Comparison of real and measured length of gauge block after error compensation

Length of Gauge Block(mm)	Measured length(mm)	Error (mm)
50	50.0286	0.0286
100	99.7542	-0.2458
150	150.5971	0.5971
175	174.6219	-0.3781

2.4 midsole의 길이 측정

Injected E.V.A midsole은 일종의 스펀지(sponge) 제품으로 굽형에서 탈기한 후 냉각 중의 수축변형시에 약간의 굽힘 변형이 일어날 수 있다. 이러한 굽힘 변형은 실제 육안 검사시에 펼친 상태로 오차범위내에 있으면 불량으로 취급되지 않고 있지만, 일반적인 영상처리에 의한 양끝단의 직선길이 측정시에는 기준품에 대하여 양각 또는 음각으로 굽어진 midsole은 길이 오차가 크게 생겨 불량으로 판단하는 경우가 많이 발생되어진다. 이를 위하여 본 연구에서는 구간길이 측정법을 midsole의 길이 측정에 이용하고자 한다.

Fig. 7은 구간길이 측정법을 도식화하여 나타낸 것으로 좌우 양끝단 사이를 일정 간격으로 등분하여 등분선을 긋는다. 여기서 등분선과 midsole의 윤곽선이 만나는 상하 두 지점 사이의 중간 점을 구한다. 이와 같은 방법으로 각각의 등분선에 대하여 윤곽선 사이의 중간점들을 구하고 중간점들을 잇는 선분의 길이를 식(5)와 식(6)을 이용하여 계산함으로써 측정 대상으로 하는 midsole의 길이를 결정한다. 본 실험에서는 양끝단 사이를 40등분하여 구간길이를 측정하였다.

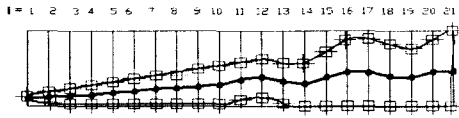


Fig. 7 Schematic diagram of measurement method of interval length

$$l_i = \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2} \quad (5)$$

$$L_{int} = \sum_{i=0}^N l_i \quad (6)$$

(l_i : 한 구간에서의 길이,

$x_i, y_i, x_{i+1}, y_{i+1}$: 중간점의 위치,

L_{int} : 전체 구간길이)

Table 3은 직선길이 측정법과 구간길이 측정법을 사용하였을 때, 굽힘변형에 대한 midsole의 측정길이를 비교하여 나타낸 것으로 직선길이 측정법을 사용한 경우 기준품에 대하여 굽힘 정도에 따라 midsole의 일반적인 오차한계인 $\pm 2 \sim \pm 3 \text{ mm}$ 를 초과하여 측정오차가 크게 나타나는 경우를 볼 수 있다. 그러나 구간길이 측정법을 사용한 경우에는 측정오차가 매우 감소되어 오차한계 범위 내에 있음을 알 수 있다. 따라서, 이와 같은 결과로 볼 때 영상처리에 의한 injected E.V.A midsole의 검사 자동화에 구간길이 측정법은 매우 효과적인 길이 측정방법이라고 생각되어지며, 불량 판별의 신뢰도를 높일 수 있다고 생각된다.

Table 3 Measured length of injected E.V.A midsole for bending strain

Angle of deflection (°)	Horizontal linear(mm)	Error (mm)	Interval length (mm)	Error (mm)
15	284.6885	5.0282	292.8674	1.1941
0	289.7169	-	294.0615	-
-15	291.3931	1.6764	294.5771	0.5156

3. 결론

Injected E.V.A midsole을 검사하기 위한 영상처리 시스템을 구축하여 게이지블록(gauge block)의 길이 측정을 통해 측정오차를 보정하고 다소 불일치한 형상을 갖는 midsole에 대하여 구간길이 측정법을 적용하여 injected E.V.A midsole을 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 100 mm 게이지 블록을 영상처리하여 윤곽선을 검출하고 x축 방향에 대한 길이를 측정하였을 때, x축 방향 길이는 192화소로 1화소당 길이는 0.52083 mm의 크기를 갖고 있음을 알 수 있다.

2) 게이지 블록의 크기가 커짐에 따라 영상처리를 통해 측정된 길이는 실제 길이보다 더 작게 나타남을 알 수 있었으며, 측정오차 보정을 통하여 측정오차를 $\pm 0.6 \text{ mm}$ 이내로 감소시킬 수 있었다.

3) 굽힘변형에 대한 midsole의 측정길이를 측정한 결과 구간길이 측정법을 사용한 경우에 측정오차가 매우 감소되어 오차한계 범위 내에 있음을 알 수 있었다.

참고 문헌

1. R. Jain. R. Kasturi and B. G. Schunck Machine Vision. McGraw-Hill 1992
2. R. C Gozalez. R. E. Woods, Digital Image Processing. Addison-Wesley. 1992
3. 이상룡, 김채상. "시각센서를 이용한 축대칭 물체 측정 시스템 개발." 한국정밀공학회지, 제14권, 제5호, pp.34~41, 1997.
4. 김재열, 오보석, 유신. "Vision System을 이용한 사출제품의 길이 측정용 시각검사 System 개발." 한국정밀공학회지, 제14권, 제11호 pp126~134. 1997.
5. 김영일. "디지털 영상처리 기법을 이용한 자동 두께 측정 장치 개발." 한국정밀공학회지, 제12권, 제6호, pp72~79. 1995.
6. 김재열, 차용훈, 윤성운, 김영석, 정상화, 유신, 송경석, 박경옥. "디지털 화상처리를 이용한 차축 Casing Nut 용접부 치수 검사 프로그램 개발에 관한 연구." 한국공작기계학회지, 제9권, 제5호, pp135~143. 2000.
7. 장영훈, 권태중, 한창수, 문영식. "비전을 이용한 볼-스터드 검사 시스템에 관한 연구." 한국정밀공학회지, 제15권, 제12호, pp7~13. 1998.