

비전 시스템을 이용한 가스벤트 자동 교환 장치

홍준의*, 윤동업**, 길경석***, 추영열*, 권장우*

동명정보대학교 컴퓨터공학과*, 부경대학교 전자공학과**
한국해양대학교 전자공학과***

A study on the development of Gas-Vent Automatic Exchange Machine with Vision System

JunEui Hong*, DongEop Yoon**, GyungSuk Kil***, YoungYeol Choo*, JangWoo Kwon*

Dept. of Computer Engineering, DongMyoung University*
Electronic Engineering, Pukyong National University**
Division of Electrical and Electronics Engineering, Korea Maritime University***

요 약

본 연구는 발포수지 공정에 사용되는 가스벤트를 신발중창 금형에 자동으로 교환하는 장치에 관한 것이다. 가스벤트는 폴리우레탄과 같은 소재를 이용한 신발 미드솔 발포시 발생하는 가스를 제거하기 위한 다공질 소자로서 신발금형 상부에 삽입된다. 가스벤트는 소모성 부품으로 일정주기마다 교환이 필요하나 작업공정상 수작업에 어려움이 많아 자동화된 교환시스템이 요구된다. 하지만 삽입되는 신발 중창 금형과 가스벤트간은 유격이 거의 없으므로 본 연구에서는 신발 중창 금형의 손상을 방지하고 보다 신속한 교환을 위해 가스벤트 삽입 및 추출 홈의 위치정보를 영상을 통해서 구하고, 얻어진 영상에 대한 위치 데이터를 기계적 위치 추적 시스템의 데이터로 피드백 하여 홈의 중심 위치에서 가스벤트를 삽입 및 추출하여 자동으로 교환하는 장치를 구현하였다. 영상 처리는 패턴 매칭 기법을 이용하여 홈의 중심점을 구하였고, 이를 PLC로 전송하여 기계 작동 제어 및 XY플로터를 정밀 제어하여 공정이 진행되게 하였다.

1. 서론

신발 업계에서 신발 중창의 폴리우레탄 (PU) 발포작업 시 발생하는 기포문제, 특히 속 기포 문제는 PU등 고분자 재료가 신발 금형에 사용되는 시점부터 현재에 이르기 까지 많은 문제가 되어 왔다. 속기포 발생 시 이를 수리하는 과정에서 접착불량이나

경도 변화 같은 문제가 발생하기 때문이다. 현재는 Ventless 등 기계적, 화학적 접근으로 기포 불량은 많이 감소하고 있는 추세지만 여전히 해결 되어야 할 신발산업 부분의 과제이다. 또한 신발 중창의 기포문제는 비용적인 측면뿐만 아니라 신발의 질적 향상을 위해서도 국내 신발 업계에서 최우선적으로 해결해야 할 과제이다. 이를 위해 여러 생산회사에서 기포문제 개선을 위한 다각적 시험을 실시하고 있으나 뚜렷한 성과

* 본 연구는 산업자원부에서 시행한 지역산업 진흥사업의 기술개발 사업에 의해 진행되었음

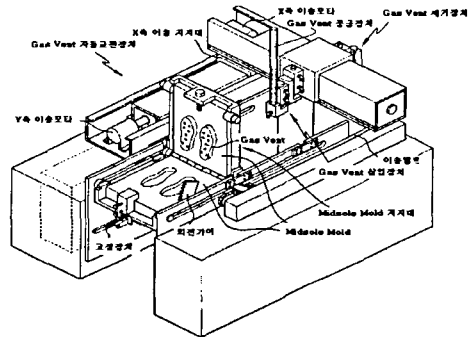
는 미비한 상태이다. 이러한 기포문제에 뚜렷한 대안이 없는 상태로 현재는 속 기포 발생 시 주사기로 수리하는 방법으로 불량품을 재생산하는 실정이다. 이에 본 연구에서는 신발 중창 중 특히 PU 급형에 100% 호환을 유지하며 별도의 추가 비용 없이 기존급형에 설치 가능한 다공질 소재를 이용한 Gas Vent를 개발하여 신발 중창 속 기포 문제 발생을 해결하였다. 이는 신발 미드솔 내부의 불량률을 낮추어 공정의 효율성을 높였으며, 신발 성형물의 Burr 제거 인원의 감축과 불량률 감소로 경제적인 면에서도 많은 이점이 나타나게 되었다.

그러나 소결금속 구성의 Gas Vent 사용시 가스 배출이 원활하게 이루어져 기포 발생 원인을 근본적으로 해결할 수 있는 장점이 있으나 이를 장기간 사용하게 되면 PU 수지에 의해 구멍이 막혀 가스 배출 성능이 점차로 떨어지기 때문에 일정한 주기마다 이를 교체할 필요가 생기게 되었고 이를 위해 Gas Vent 자동 교환 장치를 개발하게 되었다.

자동교환 장치에서 급형의 홀과 Gas Vent의 유격이 거의 없으므로 정확한 삽입, 추출 홀의 좌표가 구해지지 않는다면 급형의 손상과 아울러 신속한 Gas Vent 교체 작업이 이루어지기 힘들다. 이를 위해 본 연구에서는 영상처리 장비를 이용하여 급형의 홀의 위치를 판별하고 정확한 삽입, 추출 점의 좌표를 구하는 영상처리 시스템을 개발하여 Gas Vent 교체 작업이 원활하게 이루어지도록 하였다.

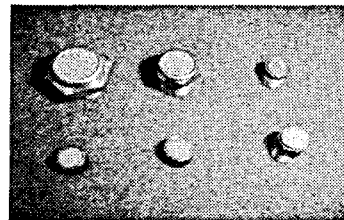
2. 가스벤트 자동교환 시스템

본 연구에서 개발된 자동교환 장치는 Midsole Mold의 이송부분과 Gas Vent 자동 교체를 위한 X,Y 플로터 그리고 영상처리 시스템으로 구성되며 구성도는 [그림 1]과 같다.

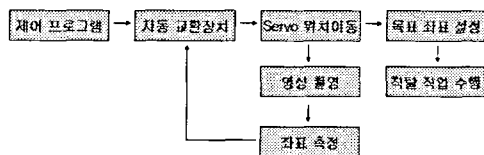


[그림 1] 가스벤트 자동교환 장치

위의 장비를 이용하여 [그림 2]와 같은 Gas Vent를 Midsole Mold에 자동으로 교체하게 되며, 교환시스템의 동작 원리는 [그림 3]과 같다.



[그림 2] 가스벤트 사진



[그림 3] 가스벤트 교환시스템 동작 원리도

3. 영상처리 시스템

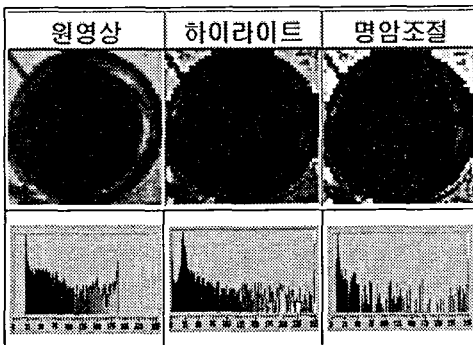
신발 급형은 금속 가공 소재로 표면이 거칠어 카메라로 촬영 하였을 때 Hole의 영역을 찾아내기가 힘들다. 그리고 가공 상태와 카메라의 촬영 각도, 조명의 상태에 따라 정확한 원의 형태를 가지지 않을 수도 있기 때문에 원형의 모양을 미리 정하여 주고 이에 유사도가 비슷한 값을 검출한 다음 최적화된 카메라 각도 및 조명 상태로 이동하여 재촬영하는 방법을 이용하였다.

3.1 영상처리를 통한 좌표점 산출

본 연구에서는 카메라를 통해 들어온 영상을 통해 금형의 Hole의 중심 값을 계산하여 정확한 위치로 Servo를 이동하여 Gas Vent를 삽입·추출하는 방식을 이용한다. 그래서 영상 정보를 정확히 분석하고 이의 중심 값을 구하는 영상처리가 중요시 된다. 여기에서 사용한 영상처리 기법은 전처리를 거쳐 정규화된 데이터를 얻은 다음 Hole 중 한 영역을 샘플로 채취하고 이와 유사한 형태를 가지는 금형의 Hole의 영역을 찾아내는 방식을 이용하였다. 이는 히스토그램 분석을 통해 유사도를 측정하여 유사도가 근사치 범위 이내에 있는 값만을 선택하고, 그 좌표를 PLC로 전송하여 Servo를 제어하고 Gas Vent를 착탈하게 된다.

3.1 이미지 전처리 과정

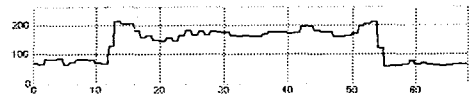
히스토그램 이퀄라이제이션을 통하여 획득한 원영상은 그 자체로는 영상의 외곽선의 식별이 모호하여 벤트를 삽입하는 원의 중심 값을 구하기가 어려우므로 영상 정보를 필터링과 마스크, 명암 조절 등을 통해 연구 목적에 맞도록 향상시킬 필요가 있다. [그림 4]는 원영상을 전처리를 통해 정규화한 결과이다. 히스토그램을 보았을 때 배경과 Hole의 구별이 명확해진 것을 알 수 있다.



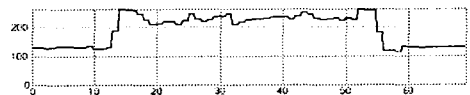
[그림 4] 전처리를 통한 정규화 과정

3.2 농담 정규화를 통한 정합

전처리 과정을 거친 다음 얻어진 샘플의 영상을 금형의 다른 부분에 적용하기 위해선 동일한 조건의 밝기가 요구된다. 그러나 작업이 진행되는 현장의 상황에 따라 밝기가 바뀔 수 있으므로 빛의 간섭에 영향을 적게 받기 위해서는 밝기에 대한 평균화가 필요하게 되는데 이것이 바로 농담 정규화 과정이다. [그림 5]와 같이 입력영상과 비교 영상의 그래프 형태는 유사하나 밝기의 분포가 다를 경우 이를 평균값을 제하고 농담 정규화 하여 나타내면 [그림 6]과 같은 정규화 된 히스토그램을 얻을 수 있게 된다. 이로써 밝기의 변화에 큰 영향을 받지 않고 Hole의 위치를 산출 할 수 있게 된다.

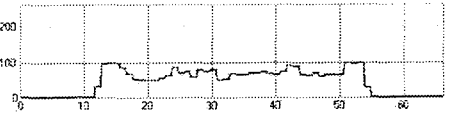
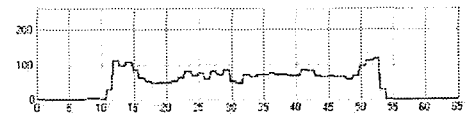


입력 영상의 일부



Template 영상

[그림 5] 정규화 이전의 히스토그램

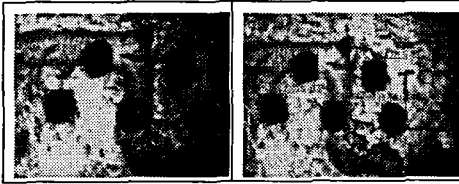


[그림 6] 농담 정규화 후의 히스토그램

3.3 벡터를 통한 유사도 측정

공정 진행시 Gas Vent 교체 작업을 위한 홀의 위치와 홀의 개수 정보가 없기 때문에 [그림 7]과 같이 Sample을 지정하고 전 금형 영역에 대해 패턴의 유사도가 비슷한 값

을 찾아내어 이의 중심값을 계산하고 값을 저장한다. 이 작업을 통해 금형에 존재하는 홀의 개수와 대략적인 위치 값을 찾아 낼 수 있다.



[그림 7] Sample을 이용한 Hole의 탐색

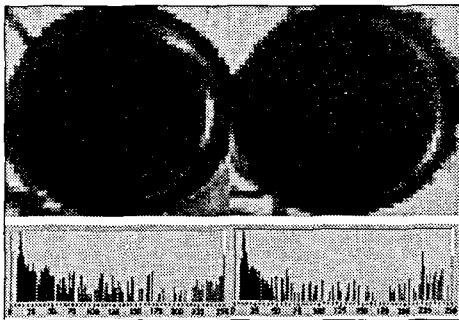
이때 금형내에서 Hole이 위치한 지점을 탐색하기 위해 Sample 영상과 금형을 촬영한 영상간의 벡터의 유사성을 비교하여 Hole을 인식하도록 하였다. 일반적인 벡터의 유사도를 구하는 공식과 이를 정규화 하기위한 공식은 다음과 같다.

$$\cos\theta = \frac{\mathbf{a} \cdot \mathbf{b}}{|\mathbf{a}| \cdot |\mathbf{b}|} = r$$

$$r = \frac{\mathbf{a} \cdot \mathbf{b}}{|\mathbf{a}| \cdot |\mathbf{b}|} = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N a(i, j)b(i, j)}{\sqrt{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N a(i, j)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N b(i, j)^2}}$$

$$a(i, j) = g(i, j) - \bar{m}, \quad b(i, j) = t(i, j) - \bar{i}$$

위의 식을 이용하여 Hole의 위치를 검색하면 [그림 8]과 같이 Sample 영상과 히스토그램 같이 유사한 Hole을 검출 할 수 있게 된다.

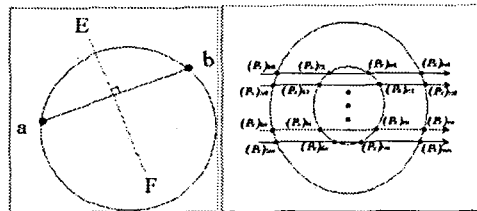


[그림 8] Sample과 탐색점의 히스토그램

비교

3.3 Hole의 중심값 산출

이상과 같은 방법으로 금형에서 Sample과 유사한 값을 통해 Hole을 분리해 내면 얻어진 영상에서 Gas Vent가 삽입될 지점을 결정하기 위해서는 Hole의 중심 값을 추출해 내어야 한다. 본 연구에서는 직선 탐색법(line-scanning method)을 사용하여 이를 구하였다. 직선 탐색법은 [그림 9]과 같이 현(chord)의 수직이등분선은 반드시 원의 중심을 지난다는 원의 원리를 이용하여 전처리 된 입력 영상에서 윤곽선(edge)을 추출하여 각 점들 간의 상호 관계를 조사하는 방식이다. 직선 \overline{ab} 는 원 위의 임의의 두 점 a, b를 연결한 현을 나타내게 되고, 직선 \overline{EF} 는 현 \overline{ab} 를 수직이등분한 직선이 된다. 이때 직선 \overline{EF} 는 반드시 원의 중심 C를 지나게 된다. 즉, 윤곽선을 검출한 이진 영상에서 원의 중심을 찾기 위해서 x 방향과 y방향으로 한 라인씩 검사하여 검출된 좌표 값으로써 원의 중심 좌표와 반지름의 길이를 계산하게 된다. 그러나 실제 영상에서는 조명에 의한 노이즈가 심하므로 각 라인에서 구한 중심 좌표들의 평균값을 취하여 그 정확도를 향상시켰다.

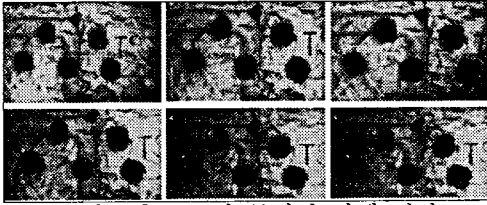


[그림 9] 직선 탐색법에 의한 원의 중심점 좌표 산출

4. 실험 및 검토

앞서 전개한 영상 처리 알고리즘을 통해 구현된 화면은 [그림 10]과 같다. 대략적인 Hole의 위치 좌표를 구한다음 Hole과 카메라가 직교하는 위치로 이동하여 재촬영한 결과 허용범위 이내의 오차를 가지는 단일

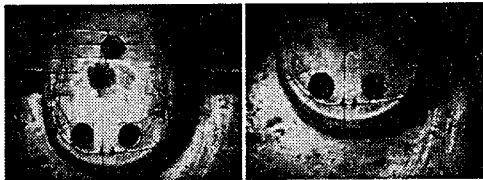
Hole의 중심 좌표를 얻게 되었다.



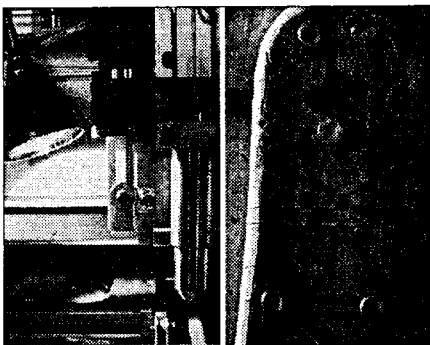
[그림 10] Hole의 중심값 탐색 결과

동일한 영상 처리 알고리즘으로 Gas Vent 삽입부분에 적용한 결과는 [그림 11]과 같다. 이는 Sample의 형태만 변경하면 동일한 성능을 보장하는 것을 보여준다.

이와같은 영상처리 알고리즘을 통해 Hole의 중심 좌표를 구하고 [그림 12]와 같이 구성된 영상장비를 통하여 직접 실험해 본 결과 정확한 위치에 Gas Vent 교체 작업을 수행하는 것을 확인 함으로써 효과적인 영상처리 기법임을 알 수 있었다.



[그림 11] 삽입부분에 적용한 결과



[그림 12] 실험 장치 구성과 실험 결과 화면

5. 결론

본 논문에서는 패턴매칭 기법과 원의 중심점 좌표 산출 방법을 통해 영상정보를 분석하여 정확한 Hole의 중심값을 계산하였고,

이를 Gas Vent 자동 교체 시스템에 이용하여 Gas Vent를 교체하는 과정에서 발생할 수 있는 금형의 손상 및 Gas Vent의 파손을 최소화 하여 재료 비 절감 및 Gas Vent의 효율성을 제고하는 효과를 창출하고 아울러 시스템의 정확도를 높이고 작업 효율을 배가 시키는 결과를 나타내게 되었다. 향후 PC 환경이 아닌 통합 모듈로써 이 장치가 개발되어 신발 업계에 활용된다면 생산성 향상 및 품질개선, 비용절감 그리고 인력 낭비를 막을 수 있는 유용한 방안이라 사료된다.

[참고문헌]

- [1] 박찬호, "컴퓨터 비전을 이용한 파이프 검사시스템에 대한 연구", 울산대학교 공학석사학위논문, 2003.
- [2] 정성일, "통기성세라믹형을 이용한 알루미늄 정밀 주조 제품의 쾌속 제작 구현", 부산대학교 공학석사 학위논문, 2000.
- [3] 강동중, 하중은 "Visual C++을 이용한 디지털 영상처리", 사이텍미디어, 2003.
- [4] 최형일 외 2명, "영상처리 이론과 실제", 홍릉과학출판사, 1997