

신발금형의 가스 배출량 측정 장치와 영상정보를 이용한 가스벤트 자동 교환 시스템의 개발

권장우[†] · 홍준의 · 윤동엽* · 최홍호** · 길경석***

A study on the development of gas measurement system in shoes mold and automatic gas-vent exchange machine with computer vision

Jang-Woo Kwon[†], Jun-Eui Hong, Dong-Eop Yoon*, Heung-Ho Choi**, and Gyung-Suk Kil***

Abstract

This paper presents a gas measurement system for deciding hole positions on a PU middle-sole mold from computed gas amount. The optimal number of holes and their positions on the shoe mold are decided from statistical experiment results to overcome the problem of excessive expenses in gas vent exchange. This paper also describes a gas vent exchange mechanism using computer vision system. The gas hole detecting process is based on computer vision algorithms represented as a simple Pattern Matching. The experimental result showed us that the system was useful to calculate the number of holes and their positions on the shoes mold.

Key words : gas vent, gas amount calculating, image processing

1. 서 론

신발 업계에서 신발 중창의 폴리우레탄(PU) 발포작업 시 발생하는 기포문제, 특히 속 기포 문제는 PU 등 고분자 재료가 신발 금형에 사용되는 시점부터 지금까지 많은 문제가 되어 왔다. 속기포 발생시 이를 수리하는 과정에서 접착불량이나 경도 변화 같은 문제가 발생하기 때문이다. 현재는 ventless 등 기계적, 화학적 접근으로 기포 불량은 많이 감소하고 있는 추세지만 이문제는 여전히 해결되어야 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 실

시하여 왔으나 아직 뚜렷한 성과를 거두지 못하고 있다. 이러한 기포문제에 뚜렷한 대안이 없는 상태에서 현재는 속 기포 발생 시 주사기로 이를 제거하는 방법으로 불량품을 발생하는 실정이다. 이에 본 연구에서는 신발 중창 중 특히 PU 금형에 100% 호환을 유지하며 별도의 추가 비용 없이 기존금형에 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 돌기 제거 인원의 감축과 불량률 감소로 경제적인 면에서도 많은 이점이 나타나게 되었다. 그러나 소결금속 구성의 gas vent 사용 시 가스 배출이 원활하게 이루어져 기포발생 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^{1,2)}.

자동교환 장치에서 금형의 홀과 gas vent의 유격이 거의 없으므로 정확한 삽입, 추출 홀의 좌표가 구해지지 않는다면 금형의 손상과 아울러 신속한 gas vent 교

동명대학교 컴퓨터공학과(Dept. of Computer Engineering, Tongmyong University)

*부경대학교 전자공학과(Electronic Engineering, Pukyong National University)

**인제대학교 의생명공학과(Dept. Biomedical Engineering, Inje University)

***한국해양대학교 전기전자공학부(Division of Electrical and Electronics Engineering, Korea Maritime University)

[†]Corresponding author: jwkwon@tit.ac.kr

(Received : October 18, 2005, Accepted : October 31, 2005)

체 작업이 이루어지기 힘들다. 이를 위해 본 연구에서는 영상처리 장비를 이용하여 금형의 홀의 위치를 판별하고 정확한 삽입, 추출 점의 좌표를 구하는 영상처리 시스템을 개발하여 gas vent 교체 작업이 원활하게 이루어지도록 하였다^{3,4)}.

2. 가스 배출량 검출장치

가스검출장치는 midsole mold내에 PU를 도포하여 PU 발포시 발생하는 가스의 분포도를 검토함으로써, gas vent의 막힘 현상을 체크 하고 금형의 상태를 추정하기 위해서 개발되었다. 연구에서는 PU 발포시 생성되는 가스의 양을 금형내의 각 부분별로 검출함으로써 최적의 가스벤트 위치를 찾아내었다⁵⁾.

2.1. 가스검출 장치의 구성

연구에서 개발된 가스 검출장치는 그림 1에서처럼 신발 midsole mold에서 PU가 발포할 때 발생될때 생성되는 이산화탄소를 센서를 통해서 A/D 컨버터를 이용하여 가스의 분포를 검출하며 계측 프로그램을 통해서 모니터에 모니터링하는 시스템으로 구성되어 있다. PU를 발포시키는 시스템의 공정은 PU 원액과 촉매제를 일정한 온도로 가열한 다음 교반하여 신발 midsole mold 내부에 삽입하여 덮개를 덮고 고정하여 일정시간 발포를 하게 된다. 이때에 PU액을 midsole mold에 삽입하기 전 공정에서 midsole mold를 PU액을 가열한 온도정도로 유지 시키는 공정이 필요하게 된다. 연구에서 제작된 기구는 midsole mold를 가열하여 온도를 유지하는 방식으로 heating chamber로 midsole mold 내부를 가열하는 방식을 이용하였다. Heating chamber는 덮개와 본체, heater로 구성되며 heater가 midsole mold

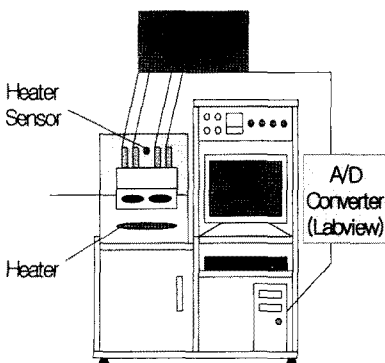


그림 1. 가스검출장치
Fig. 1. Gas measurement system.

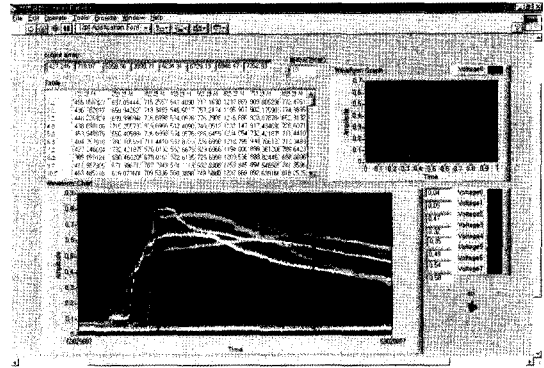


그림 2. 가스량 측정 프로그램
Fig. 2. Gas amount measurement program.

를 가열하는 시스템으로 구성된다⁶⁾.

2.2. 가스량 측정 시스템

신발 금형 내부에 PU발포 시 발생된 를 검출하기 위해서 금형 상부의 홀(3~8개)에 air hose를 연결하여 의 발생한 가스가 측정관을 통해 흘러나온 양을 센서를 통해 센싱하게 된다. 이때 센싱된 값은 센서보드 내에서 아날로그 값으로 변환되어 A/D컨버터를 통하여 모니터링 하게 되며, 모니터링 되어진 값은 측정 프로그램에 의하여 집계된다. 측정 프로그램은 labview tool을 사용하였으며 그림 2와 같이 단위 시간별로 hole마다 측정된 가스량과 전체 측정 시간의 가스량이 표와 그래프 형태로 나타난다.

2.3. 측정 센서장치

본 연구의 가스검출장치에 사용된 sensor는 그림 3과 같고, 0~50,000 ppm을 측정 할 수 있는 농도로 출력전압은 0~4 V로 아날로그 값을 출력하는 센서를 사용하였다. 연구에서 사용한 센서는 NDIR(비분산 적외선) 방식으로 0~50,000 ppm까지의 이산화탄소 농도를 측정가능하다. 비분산 적외선 방식의 센서의 신호출력 방법은 여러 파장의 적외선이 센서에 입사하면 불필요한 적외선이 차단되고, 입사된 적외선에 의해 초전효과가 발생한다. 그리고 그에 따른 표면전하가 발생하여 발생한 표면전하가 FET에서 전압 증폭되어 나오게 된다. 광원으로부터 나온 적외선 빔은 가스가 유입되지 않았을 경우 모두 광학필터를 거쳐 센서에 입사된다. 그러나 가스가 유입되면 적외선 빔이 모두 센서에 유입되지 못하고 일부가 에 흡수되므로 그에 따른 출력은 감소하게 된다. 이때 가스의 유입량에 따라서 센서에 입사되는 광량이 변하는 관계식은 : Beer-Lambert



모 델	604 / 604F
검지센서	NDIR(비분산적외선방식)
검지방식	확산식
측정농도	0-2000 ppm, 0-5000 ppm 0-50000 ppm(조정가능)
출력신호	DC 0-4 V / 디지털 출력
인가전압	DC 5 V(±10 %)
소비전류	peak 135 mA, Avr.45 mA, low 15 mA
작동온도	0~50°C
작동습도	0~95 %RH
센서수명	약 15년
반응시간	60초 이내
인터페이스	12핀 커넥터
크 기	51 × 57 × 22(mm)

그림 3. CO₂ 센서의 제원표
Fig. 3. Specifications of CO₂ sensor.

의 이론에 따라서 설명될 수 있다. Beer-Lambert의 이론은 식 (1)과 같다.

$$I = I_0 \exp(-K \cdot L \cdot C) \quad (1)$$

I 는 검출소자에 입사되는 빛의 강도이고 I_0 는 CO₂ 농도의 초기 측정치, K 는 적외선의 CO₂ 흡수계수, L 은 cell의 길이, C 는 CO₂의 농도이다^[7-9].

2.4. 가스 검출장치를 이용한 PU발포 실험

Gas vent를 이용한 신발 금형의 가스검출시험은 제작된 gas vent와 가스검출 장치를 이용하여, 기존의 금형 내에서 PU 발포 시 배출 하는 가스를 검출하는 시스템으로서, 제작된 gas vent를 금형에 삽입하여 가스가 배출되는 분포도를 분석하여 최적의 gas vent 삽입 위치를 찾게 된다. 실험에서 PU 시료는 MP5460 및 MR5460을 사용하였으며, PU 원액과 촉매제를 가열하여 40°C로 유지하며, 교반기를 이용해 2800 rpm으로 교반하여 사용한다. 실험에 사용된 gas vent는 그림 4와 같이 세 가지 종류로 입자의 크기에 따라 상이한 기공의 크기를 가진다.

신발 금형의 위치별로 PU 발포시에 배출되는 이산

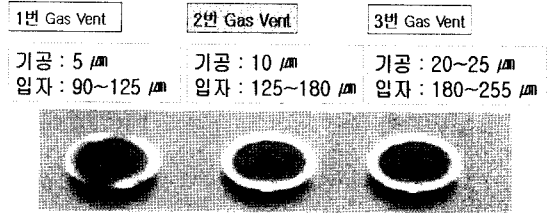


그림 4. 실험에 사용된 Gas vent
Fig. 4. Gas vent used in experiments.

화 탄소의 량을 측정하기 위하여 다음과 같은 과정을 거치게 된다.

- ① midsole mold를 38~45°C로 예열
- ② midsole mold 내부를 이형제로 닦아냄
- ③ midsole 내부에 PU액 투입
- ④ midsole을 고정하여 CO₂ gas를 검출
- ⑤ 가스검출장치로 모니터링
- ⑥ 결과값 저장 후 금형 제거
- ⑦ 측정 Data 비교 분석

실험이 끝나면 그래프와 텍스트 파일 형태로 각 위치별 가스 배출량이 집계되며 이를 통하여 가장 효율적인 가스 배출 위치를 결정하게 된다. PU 발포시 금형 각 부분마다 배출되는 이산화탄소량의 차이를 측정하기 위하여 그림 5와 같이 다양한 형태로 가스벤트를 배치하여 가스 배출량을 측정하였다. 측정에 사용된 gas vent는 세가지 크기의 가스벤트 중 반복 실험 결과 가스의 배출이 용이하고 반복 사용에도 hole의 막힘이 덜한 기공의 크기가 10인 gas vent가 채택되었다.

2.5. 가스검출 실험 결과

2.4절과 같은 방법에 의해 금형의 각 부위별로 실험한 결과 그림 6과 같은 결과를 얻게되었다. 여기서 midsole mold의 내부에 PU액을 먼저 투입한 곳에서

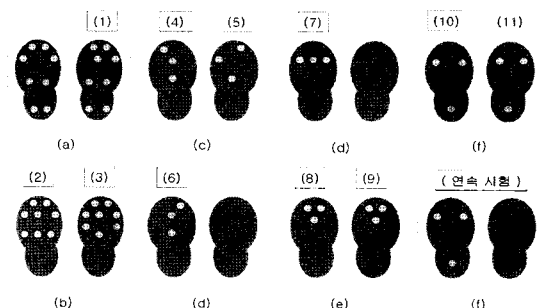
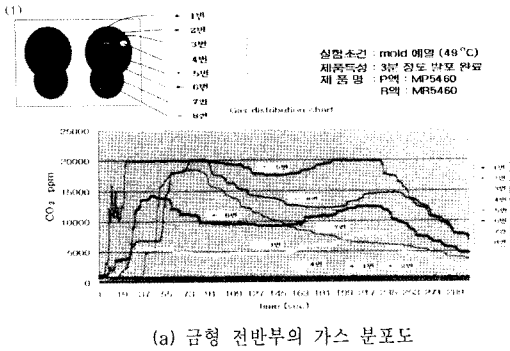
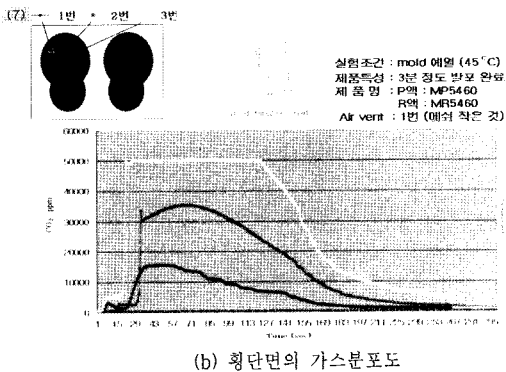


그림 5. 가스벤트 분포에 따른 배출량 측정
Fig. 5. Experiment of gas measurement according to gas vents layout.



(a) 금형 전반부의 가스 분포도



(b) 힐단면의 가스 분포도

그림 6. Gas vent의 가스 분포상태
Fig. 6. Gas amount according to gas vent position.

가스를 많이 배출하는 것과 가스 배출 후 2차 가스 배출의 결과 값이 나타나는 것은, PU 발포시 발생된 의 Gas가 배출되면서 midsole mold 내부의 공간에 차지 하는 면적 그리고 gas vent가 삽입된 위치에서 Gas가 배출되 통로의 거리(즉, 외부와의 거리) 등의 관계에서, 내부의 가스가 대류하며 재 배출 하는 것으로 판단되었다.

실험한 결과 그림 6(a)에 의해 전반적으로 신발 뒤축 부에 가스가 많이 배출되는 것을 알 수 있고, 그림 6 (b)에 의해 동일 힐단면 상에서는 PU가 많이 분포하는 곳의 가스 배출량이 많은 것을 알 수 있다. 이러한 과정을 통해 그림 7과 같이 PU가 먼저 분사되고 PU액의 양이 많은 곳의 gas 배출이 가장 많다는 결론을 얻게 된다.

3. 가스벤트 자동교환장치

2절에서의 실험 결과로 최적의 가스벤트 위치가 구해지면 이를 신발금형에 부착하여야 한다. 이때 금형의 정확한 위치에 가스벤트를 삽입하기 위한 자동교환 장치가 필요하다.

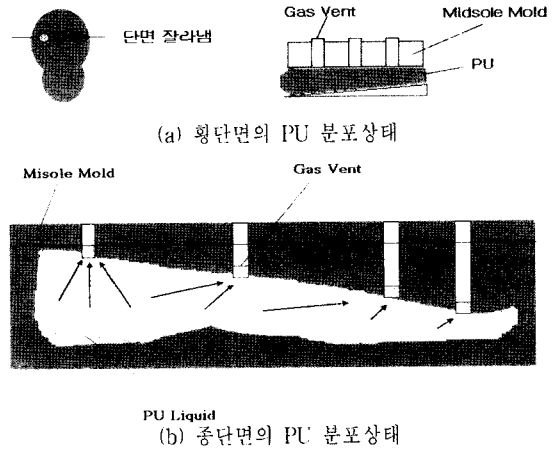


그림 7. 금형 내부 단면의 PU 분포도
Fig. 7. Diagram of PU distribution in shoes mold.

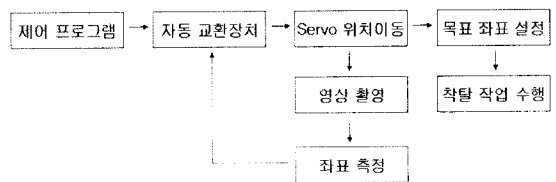


그림 8. 가스벤트 교환시스템 동작순서
Fig. 8. Flowchart of gas vent exchange procedure.

3.1. 가스벤트 자동교환 시스템

본 연구에서 개발된 자동교환 장치는 midsole mold 의 이송부분과 gas vent 자동 교체 위한 X,Y 플로터 그리고 영상처리 시스템으로 구성되며 구성도는 그림 9와 같다. 개발된 장비를 이용하여 midsole mold를 영상촬영 하여 gas vent를 자동으로 교체하게 되며, 교환 시스템의 동작 원리는 그림 8과 같다.

3.2 가스벤트 자동교환 시스템

3.2.1. 영상처리 시스템

신발 금형은 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 정해진 hole의 샘플과 비교하여 유사도가 일정한 범위 내의 값을 검출한 다음 최적화된 카메라 각도 및 조명 상태로 이동하여 재촬영하는 방법을 이용하였다. 본 연구에서는 카메라를 통해 들어온 영상을 통해 금형의 hole의 중심 값을 계산하여 정확한 위치로 servo를 이동하여

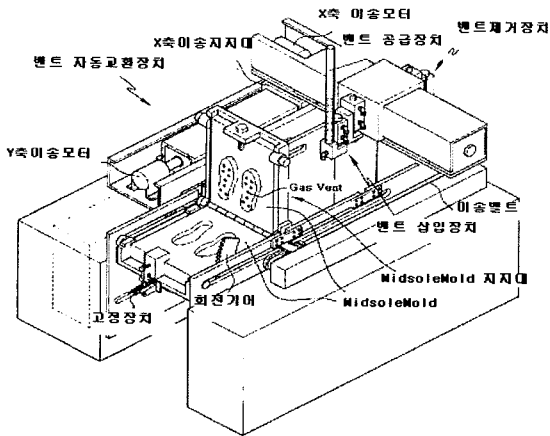


그림 9. 가스벤트 자동교환 장치
Fig. 9. Automatic gas vent exchange system.

gas vent를 삽입·추출하는 방식을 이용한다. 그래서 영상 정보를 정확히 분석하고 이의 중심 값을 구하는 영상처리가 중요시 된다. 여기에서 사용한 영상처리 기법은 다음과 같다.

- ① 전처리를 거쳐 정규화된 데이터 획득
- ② 하나의 hole을 샘플로 두고 유사도 비교로 hole 영역을 찾아냄
- ③ 측정된 hole의 좌표를 PLC로 전송하여 Servo를 제어하고 gas vent를 착탈

3.2.2. 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 10은 원영상을 전처리를 통해 정규화한 결과이다. 히스토그램을 보았을 때 배경과 hole의 구별이 명확해 진 것을 알 수 있다.

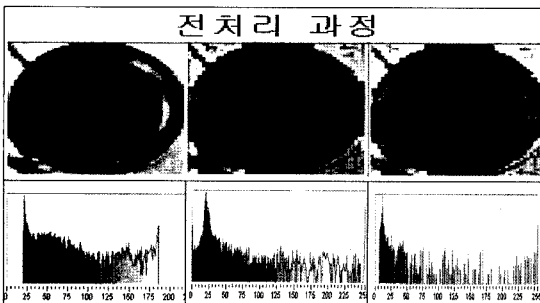


그림 10. 전처리를 통한 정규화 과정
Fig. 10. Normalization after preprocessing.

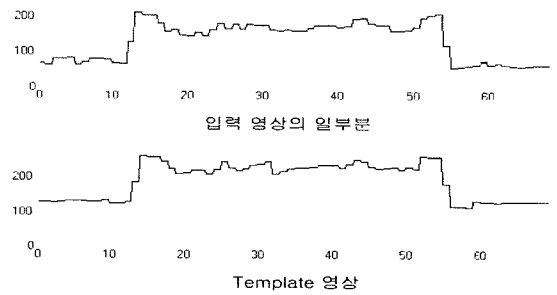


그림 11. 정규화 이전의 히스토그램 분포
Fig. 11. Histogram distribution before normalization.

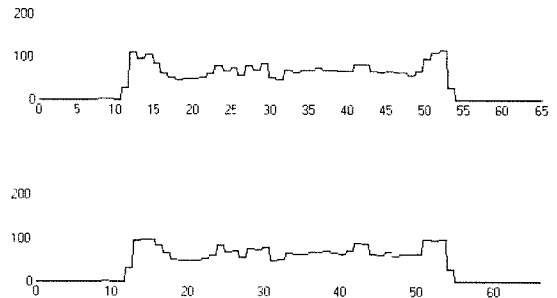


그림 12. 농담 정규화 후의 히스토그램 분포
Fig. 12. Histogram distribution after normalization.

3.2.3. 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 11과 같이 입력영상과 비교 영상의 그래프 형태는 유사하나 밝기의 분포가 다를 경우 이를 평균값을 제하고 농담 정규화 하여 나타내면 그림 12와 같은 정규화 된 히스토그램을 얻을 수 있게 된다. 이로써 밝기의 변화에 큰 영향을 받지 않고 hole의 위치를 산출 할 수 있게 된다.

3.2.4. 벡터를 통한 유사도 측정

공정 진행시 gas vent 교체 작업을 위한 홀의 위치와 홀의 개수 정보가 없기 때문에 그림 13과 같이 sample을 지정하고 전 금형 영역에 대해 패턴의 유사도가 비슷한 값을 찾아내어 이의 중심값을 계산하고 값을 저장한다. 이 작업을 통해 금형에 존재하는 홀의 개수와 대략적인 위치 값을 찾아 낼 수 있다.

이때 금형내에서 hole이 위치한 지점을 탐색하기 위해 sample 영상과 금형을 촬영한 영상간의 벡터의 유

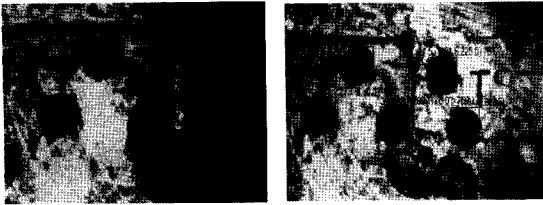


그림 13. 금형에서의 홀의 검색
Fig. 13. Hole finding on shoes mold.

사성을 비교하여 hole을 인식하도록 하였다. 일반적인 벡터의 유사도를 구하는 공식과 이를 정규화 하기 위한 공식은 다음과 같다^[10].

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

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

$$a(i,j) = g(i,j) - \bar{m}, \quad b(i,j) = t(i,j) - \bar{t} \quad (2)$$

(식 2) 벡터를 이용한 유사도 공식과 정규화 식

위의 식을 이용하여 hole의 위치를 검색하면 그림 14와 같이 sample 영상과 히스토그램 같이 유사한 hole을 검출 할 수 있게 된다.

3.2.5. 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. 직



그림 14. Sample과 탐색점의 히스토그램 비교
Fig. 14. Histogram comparison between sample and target hole.

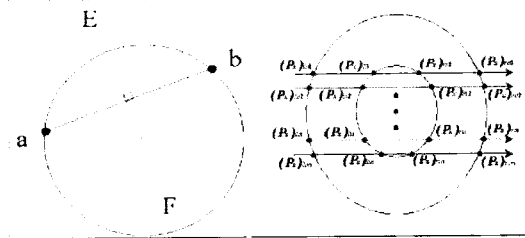


그림 15. 직선 탐색법에 의한 원의 중심점 좌표 산출
Fig. 15. Center coordinates calculation using line search algorithm.

선 탐색법은 그림 15와 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 y 방향으로 한 라인씩 검사하여 검출된 좌표 값으로써 원의 중심 좌표와 반지름의 길이를 계산하게 된다. 그러나 실제 영상에서는 조명에 의한 노이즈가 심하므로 각 라인에서 구하 중심 좌표들의 평균값을 취하여 그 정확도를 향상시켰다^{[11],[12]}.

3.3. 실험 및 검토

앞서 전개한 영상 처리 알고리즘을 통해 구현된 화면은 그림 16과 같다. 대략적인 hole의 위치 좌표를 구한 다음 hole과 카메라가 직교하는 위치로 이동하여 재촬영한 결과 허용범위 이내의 오차를 가지는 단일 hole의 중심 좌표를 얻게 되었다.

동일한 영상 처리 알고리즘으로 gas vent 삽입부분에 적용한 결과는 그림 17과 같다. 이는 sample의 형태만 변경하면 동일한 성능을 보장하는 것을 보여준다.

이와같은 영상처리 알고리즘을 통해 hole의 중심 좌

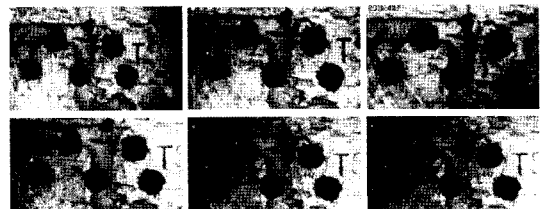


그림 16. Hole의 중심값 탐색 결과
Fig. 16. Hole center calculation results.

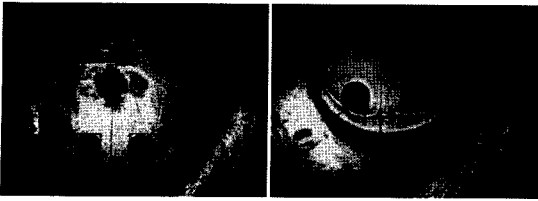


그림 17. Gas vent 삽입 실험
Fig. 17. Gas vent insert experiment.

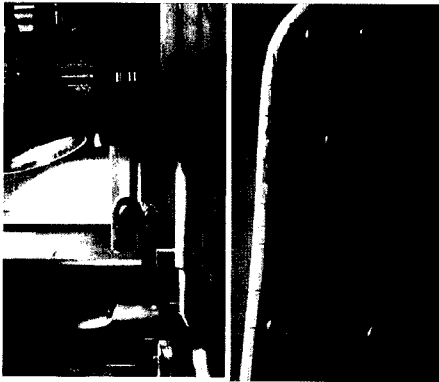


그림 18. 실험 장치 구성과 Gas vent 삽입실험 결과 화면
Fig. 18. Experiment system and experiment results of gasvent injection

표를 구하고 그림 18과 같이 구성된 영상장비를 통하여 직접 실험 해 본 결과 정확한 위치에 gas vent 교체 작업을 수행하는 것을 확인함으로써 효과적인 영상처리 기법임을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 논문에서는 신발 금형의 최적화된 gas 배출 hole 을 찾기 위한 gas amount 수집 장비와 gas 배출구에 삽입하는 gas vent의 삽입 위치를 결정하기 위한 gas vent 자동 교환 장치를 개발하였다. Gas amount 수집 장치는 반복된 실험을 통하여 PU 성형시 발생하는 Co₂를 가장 효율적으로 배출하는 위치를 결정하였고, 영상처리 장치는 패턴매칭 기법과 원의 중심점 좌표 산출 방법을 통해 정확한 hole의 중심값을 계산하여 이를 gas vent 자동 교체 시스템에 이용하여 gas vent 를 교체하는 과정에서 발생할 수 있는 금형의 손상 및

gas vent의 파손을 최소화 하였다. 이는 재료비 절감 및 gas vent의 효율성을 제고하는 효과를 창출하고 아울러 성형되어 완성되는 제품의 품질을 높이고 작업 효율을 배가 시키는 결과를 나타내게 되었다. 향후 본 논문에서 제안한 시스템이 통합 모듈로써 개발되어 신발 업계에 활용 된다면 생산성 향상 및 품질개선, 비용 절감 그리고 인력 낭비를 막을 수 있는 유용한 방안이라 사료된다.

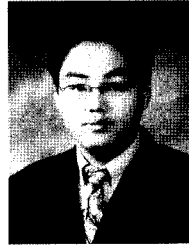
참고 문헌

- [1] 김경훈, 장우양, 강조원, “분말야금 부품의 칩단처리”, 열처리공학회지, 제17권, 제1호, pp.50-54, 2004.
- [2] V. A. Tracey, J., “Powder Metall. and Powder Tech”, vol. 17, no. 127, pp. 215-217, 1981.
- [3] Terry T. Wohlers, “Worldwide developments & trends in rapid prototyping & tooling”, ICRPM'98, pp. 1-6, 1998.
- [4] N. Nicholaus and K. Ray, Mod, Dev, “Powder Metall”, vol. 5, 187.
- [5] 정성일, 정두수, 김도경, 정해도, 조규갑, “통기성세라믹형을 이용한 알루미늄 정밀 주조 제품의 쾌속 제작 구현”, 한국정밀공학회지, 제16권, 제11호, pp. 62, 1999.
- [6] 최국선, 김진영, 이동희, “플라즈마 회전전극법에 의한 합금분말의 제조 및 그 특성”, 대한금속재료학회 추계학술논문지, pp. 254, 한국, 1990.
- [7] 이준성, “초전형 적외선 센서를 이용한 가스농도 측정 시스템”, 수원대학교 공학석사학위논문, 2003.
- [8] 권성렬, 김영우, 배승춘, 박성근, 김기완, “초전형 적외선 센서용 P(VDF/TrFE) 막의 분극에 따른 유전 특성의 변화”, 센서학회지, 제9권, 제1호, pp. 9-14, 2000.
- [9] 김성우, 성세경, 류지열, 최우창, 최혁환, 이명교, 권태하, “초전형 적외선 센서를 위한 MoO(100)/Si₃N₄/SiO₂/Si₃N₄/Si 기판제작”, 센서학회지, 제9권, 제2호, pp. 90-95, 2000.
- [10] 강동중, 하중은, Visual C++을 이용한 디지털 영상처리, 사이텍미디어, 파주, pp. 300-302, 2003.
- [11] 박찬호, 이병룡, 양승용, 안경관, 오현욱, “컴퓨터 비전을 이용한 파이프 검사시스템에 대한 연구”, 한국정밀공학회 학술대회지, pp. 521-525, 한국, 2002.
- [12] R. Crane, 영상처리 이론과 실제, 홍릉과학출판사, pp. 166-174, 서울, 1997.



권 장 우

- 1990년 인하대학교 전자공학과 학사
- 1992년 인하대학교 전자공학과 석사
- 1996년 인하대학교 전자공학과 박사
- 1996년~1998년 특허청 심사관
- 2004년~현재 동명대학교 컴퓨터공학과 부교수
- 주관심분야 : 지능형시스템, 뉴럴네트워크, 신호처리



홍 준 의

- 2005년 동명정보대학교 컴퓨터공학과 학사
- 2005년~현재 동명정보대학교 컴퓨터공학과 석사재학 중
- 주관심분야 : RFID, Embedded System



윤 동 업

- 2000년 부경대학원 전기공학과 석사
- 2003년 부경대학원 전기공학과 박사과정 수료
- 1999~2001년 기장메디칼(주) 전자사업부 팀장
- 2003~2005년 (주) 뉴백 산업설비 기술 이사
- 주관심분야 : 의료기기개발, 신업기기개발



최 흥 호

- 1984년 인하대학교 전자공학 학사
- 1986년 인하대학교 전자공학 석사
- 1991년 인하대학교 전자공학 박사
- 현재 인제대학교 의생명공학과 교수
- 주관심분야 : 의용 초음파시스템, 초음파 조직 특성화



길 경 석

- 1984년 인하대학교 전기공학 학사
- 1987년 인하대학교 전기공학 석사
- 1996년 인하대학교 전기공학 박사
- 1996년 한국해양대학교 전기전자공학부 부교수
- 2003~2004년 1월 영국 Cardiff University 방문교수
- 주관심분야 : 설비진단 및 계측, 부분방전 계측