

## 사출제품의 영상검사 시스템 개발에 관한연구

신재흥\*, 김홍열\*, 이상철\*, 문성창\*\*  
동서울대학\*, 전력기반조성사업센터\*\*

### A study on the Vision Inspection System for Injection Molding Products

Jae-Heung Shin\*, Hong-Ryul Kim\*, Sang-Cheol Lee\*, Sung-Chang Moon\*\*  
Dong Seoul College\*, EPTE&PC\*\*

**Abstract-** If any of the set parameters such as the environment temperature, mold temperature are not maintained at a consistent level, the fail rate of injection molding products is increased. The price of the injection molding machine is very high, so in order to maximize the utilization of the machine that is required the production of a number of different products with minimum fail rate using a single machine. To prevent the defect products by an inspection process with perfect quality is very important to minimizing production of defect products in the molding process.

Vision inspection systems are widely utilized in various manufacturing industries for quality assurance purposes. The vision inspection system consists of CCD camera and lighting system to capture the image of the subject of inspection, an image comparison algorithm using to determine the pass/fail of the products, and mechanical devices for the operation of the whole system.

This research focuses on the development of the vision inspection system to process the inspection of an automobile parts. We developed a mechanical devices for the inspection of the injection molding products and an image comparison algorithm to determine the pass/fail result of the inspection based on the molding image and the accepted product image.

### 1. 서 론

플라스틱 제품은 가볍고 외형이 아름다우며 녹이 슬지 않는 장점 때문에 일상생활의 광범위한 분야에서 사용되고 있다. 또한, 각종 공업용 재료나 구조용 재료로서도 그 가치가 높이 평가되어 급속한 발전이 이루어져 왔다.

플라스틱은 가소성(plasticity)의 의미를 내포하고 있다. 플라스틱은 높은 분자량의 유기화합물 원료로 열, 압력 등 외부 작용에 의해 자유로이 성형이 가능하고, 사용할 때는 요구되는 형상을 유지하는 고체 재료이다.

물리·화학적 성질 및 기계적 성질이 우수한 플라스틱 재료가 저렴한 가격으로 다량 공급이 이루어짐과 동시에 수많은 종류의 플라스틱 개개의 특성에 적합하고 용도에 맞는 성형 가공 방법이 적극적으로 개발됨으로써 인류는 풍요한 플라스틱 시대를 향유하게 되었다.

사출금형에서는 플라스틱의 특성인 가소성을 이용하여

금형의 형상대로 자유로운 성형이 가능하다. 색이 풍부하고(투명도도 있고, 착색이 자유롭다), 종류도 많아 사용 범위가 넓다. 그 특성을 보면 다음과 같다.

- 다른 금형에 비하여 3차원 형상의 것이 많으므로 가공이 어렵다.
- 전사성이 좋아서 금형 표면의 다듬질 정도가 그대로 반전되어 제품의 외관면이 되므로, 표면 거칠기가 좋아야 한다.
- 일용 잡화뿐 아니라 대부분의 성형품이 그대로 제품이 된다.
- 형체력, 사출 압력 모두 고압이 걸리므로 내압 강도가 중요하다.
- 용융 수지(melting plastic)는 고화할 때 수축을 한다.
- 재료마다 다른 수축률을 고려하여 금형 치수를 결정해야 한다.

성형제품의 품질을 좌우하고 성형 능력을 결정하는 것은 금형의 양부라고 단정해도 과언이 아니다. 이와 같이 중요한 사출 금형의 기술적 동향은 대형화, 정밀화, 자동화와 수명의 연장 등을 추구하는 추세이다. 금형의 대형화 경향은 소형 가전제품 등을 만들었던 수년 전만 해도 10온스(OZ), 20온스 사출기에 부착했던 금형이 대부분이었다. 30온스 이상의 사출기는 불과 몇 대에 지나지 않았으나, 지금은 우리나라에서도 자동화 공업의 발달과 함께 250온스 이상의 사출기도 상당수를 보유함으로써 차차 금형이 대형화되어 가고 있는 추세이다.

금형의 정밀화는 전자기기, 전산기기, 반도체 등 고도의 정밀도를 요구하고 있고, 우리나라의 금형 선진화를 이룩하기 위한 필수적인 과제이다. 현재 우리나라의 금형 가공 정밀도 수준은 일반 가전제품에 적용되는 정밀도  $\pm 0.1$ 과 비디오, 카세트에 적용되는 정밀도  $\pm 0.01$ 의 금형을 제작하는 단계이며, 최근에는 정밀 전자기기와 전산기기 등의 부품에  $\pm 0.001$  정도의 정밀도를 요구하고 있다.

사출성형 제품은 전기, 전자, 기계, 자동차 등 거의 모든 산업에서 사용되고 있으며, 특히 수 만개의 부품으로 이루어진 자동차에는 많은 부품이 사출 성형에 의해 만들어지고 있다. 자동차의 전기·전자 계통 부품으로 사용되는 사출부품은 용도에 따라 모양이나 내부구성이 매

우 다양하다.

본 연구의 검사 대상이 되는 부품은 매일 수 만개씩 생산되어 사람의 눈으로 품질검사를 수행하고 있다. 단순 반복 육안검사에 의존하여 품질검사를 수행하기 때문에 검사자의 피로도가 축적되면, 정확한 검사가 이루어지지 않는 경우가 많다. 또한, 작은 부품을 육안 검사하는 경우 피로도가 축적되는 속도가 빨라지게 되어 불량제품을 정상제품으로 판정하는 빈도수가 높아진다. 이와 같이 검사자의 단순반복 작업에서 발생하는 피로도를 해소하고 일정한 품질을 유지할 수 있는 자동화 검사 공정의 개발이 시급하다.

본 연구에서는 사출성형을 하여 생산된 자동차 부품의 정상/불량을 판별하는 시스템을 개발하였다.

## 2. 자동차 부품 사출

자동차는 수많은 부품으로 구성되어 있다. 자동차에 들어가는 부품들 중 많은 부품이 사출에 의해 만들어진다. 본 연구에서 검사 대상으로 하는 사출부품은 그림 1에 나타낸 것과 같이 자동차의 파워 윈도우 모터 레귤레이터 장치의 내부에 들어가는 것이다.

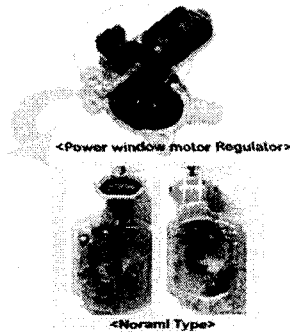


그림 1. 검사대상 부품

영상 검사 시스템을 이용하여 검사하는 부분은 1차 사출 후, 방수를 위한 고무(rubber) 사출한 후, 가공이 정상적으로 이루어졌는가의 여부를 검사하는 것이다. 그림 2는 고무 사출 후, 부품을 바라보는 방향에 따라 나타낸 것이다.

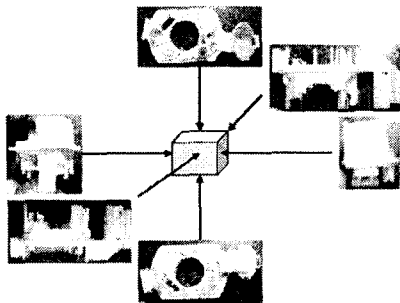


그림 2. 2차 가공 후의 제품 사진

그림 2에서 나타낸 것과 같이 생산된 사출부품은 방향에 따라 모양이 일정하지 않고 입체적인 구성을 하고 있다. 따라서 조명의 방향에 따라 그림자가 발생할 수도 있

고 1차 가공품과 2차 가공 후의 색깔 차이가 거의 없기 때문에 영상 검사 장비를 이용하여 정상 가공여부를 판단하는데 많은 어려움이 존재한다.

## 3. 영상 검사 시스템

산업체에서는 기존의 많은 인원이 투입되어 수행되던 제품의 품질 검사를 일정한 품질 수준을 유지하면서 자동화할 수 있는 시스템의 개발이 지속적으로 요구되어 왔다. 카메라와 컴퓨터를 이용한 시스템은 산업체에서 가공, 조립, 검사 등 다양한 작업에 적용되고 있으며, 위험성이 높은 분야, 인건비의 상승과 인력 확보가 어려운 산업 분야에서 많이 적용되고 있다.

영상 검사 시스템은 영상획득, 정상제품의 영상과 비교, 정상/불량을 판단할 수 있는 하드웨어와 소프트웨어로 구성되어 있다. 영상 검사 시스템은 사람이 육안검사를 통해 이루어지는 제품의 품질검사를 카메라와 컴퓨터를 이용하여 검사하는 일종의 공장 자동화 시스템이다. 즉, Camera로부터 얻은 영상 정보를 Computer가 분석 처리하는 시스템을 말한다.

영상 검사 시스템을 이용하여 제품을 검사하는 과정은 크게 영상형성 및 획득, 영상처리, 영상해석 등으로 이루어진다. 영상형성 및 획득 단계에서는 검사될 생산품의 모습을 CCD Camera를 통하여 디지털 영상으로 바꾸는 과정이다. 영상처리 단계는 디지털 영상에 대한 계산적인 처리 기법을 이용하여 원래의 영상을 다른 모습의 영상으로 만들거나 바꾸는 과정이다. 마지막으로 영상해석 단계는 영상처리 결과를 분석하여 구체적으로 판단하거나 측정하기 위한 실질적이고 물리적인 정보를 획득하는 과정이다.

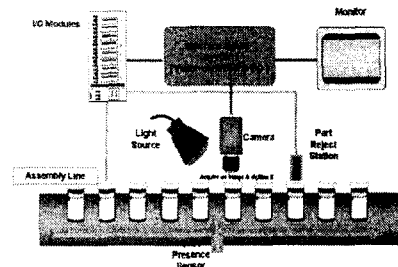


그림 3. 영상 검사 시스템의 전체 구성도

본 연구에서는 사출부품의 영상획득을 위한 장비 개발, 영상분석 프로그램 및 사용자 인터페이스 프로그램을 개발하여 사출부품의 품질을 검사하는 영상 검사 시스템을 개발하는 것이다. 영상 검사를 위한 시스템은 카메라, 조명장치, 조명컨트롤러, 트리거 센서, 전체 시스템 컨트롤러 등으로 구성되며, 전체 시스템 구성도 그림 3과 같다.

생산된 제품의 품질검사를 사람의 육안 검사에 의존하는 경우, 검사자에 따라 정상/불량의 판단기준이 서로 다르고 검사 시간이 지속됨에 따라 검사자의 집중력이 떨어지게 되어 잘못된 판단을 할 수 있게 된다. 높은 정밀도와 품질의 일관성이 요구되는 자동차 부품의 경우, 품

질검사가 매우 중요하다. 육안검사와 영상검사 시스템 사이의 검사시간, 최소오차 크기, 지연시간, 신뢰도, 자료축적 등을 비교하면 표 1과 같다.

표 1. 육안검사와 영상검사 시스템 비교

분류	육안검사	영상검사
검사시간	• 검사자에 따라 다름 • 평균 10 sec	• 일정함 • 평균 3 sec
최소오차 크기	• 검사자에 따라 다름	• 1 $\mu$ m
지연시간	• 검사자에 의한 지연시간 발생	• 지연시간 없음
신뢰도	• 검사자의 반복 작업과 피로도 누적에 따른 시간적인 차이에 의해 불량품이 정상품으로 오판정할 수 있음	• 일정한 품질유지 가능
자료축적	• 자료의 보관 및 불량발생의 원인분석이 어려움	• 불량품에 대한 자료 분석을 통하여 불량 발생원인 제거 가능

### 3.1 카메라

CCD는 빛을 전기 신호로 변환하는 6mm×4mm 크기의 광전변환 센서이다. 구조는 빛을 전기적 신호로 변환하는 광전변환 부분과 변환된 전하를 저장했다 전송하는 전송 부분으로 나누어진다. CCD는 비디오카메라, 팩스, 스캐너 등의 사무기기에 널리 이용되고 있다.

최근 필름을 사용하지 않고 영상이 기록되는 제3세대 카메라로 각광받고 있는 디지털 카메라에서도 CCD가 핵심적인 역할을 담당하고 있다. 광학 카메라의 필름에 해당하는 것이 바로 CCD와 메모리 카드이기 때문이다. 렌즈로부터 들어온 빛의 세기는 먼저 CCD에 기록되고, 촬영된 영상의 빛은 CCD에 붙어 있는 RGB 색필터에 의해 각기 다른 색으로 분리된다. 분리된 색은 CCD를 구성하는 수십 만 개의 광센서(41만 화소의 디지털 카메라의 경우 1개의 CCD에 41만 개의 광센서가 붙어 있다.)에서 전기적 신호로 바뀐다. CCD에서 나온 아날로그 신호는 0과 1의 디지털 신호로 변환되어 영상 신호가 만들어지고, 액정 화면을 통해 나타난다. 신호 처리기에서 압축된 영상 신호는 메모리 카드에 기록되어 출력되게 된다.

그림 4는 실제 이미지를 카메라로 촬영하고 촬영된 이미지가 메모리에 저장되는 과정을 나타낸 것이다.

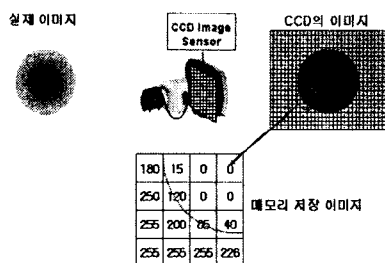


그림 4. CCD 카메라의 동작 원리

본 연구에서 사용한 카메라는 무게가 가볍고 단일모듈의 흑백 카메라인 Sony사의 XC-E 시리즈를 사용하였다.

### 3.2 조명장치

영상 검사를 위해서는 좋은 영상을 획득하는 것이 매우 중요하다. 좋은 영상을 획득하기 위해서 가장 중요한 것이 조명 장치이다. 검사 대상물을 CCD 카메라로 촬영할 때, 조명장치에 따라 획득되는 영상 차이가 매우 심하다. 영상 획득 대상물의 형태에 따라 그림자가 생기지 않도록 하기 위해 사용하는 조명으로는 간접 LED 조명, 바 타입조명, Low-angle 조명 등을 사용한다.

간접 LED 조명은 반사를 줄이고 고른 조명을 적용할 수 있어 광택이 있는 표면도금 제품과 각인 감지에 주로 사용된다. 광택이 있는 제품에 직접 반사 하면 조명의 변화에 의해 색차이가 발생하지만, 간접 LED 조명을 사용하면 광택이 있는 표면의 조명 변화가 제거된다.

Low-angle 조명은 표면의 에지 위의 각도를 이용하여 고르지 않은 표면과 edge를 차이가 생기게 하는 조명이다. 본 연구에서 검사하게 되는 사출제품은 입체구조이고, 각 면은 평면 구조가 아닌 복잡한 형태를 갖고 있다. 정상영상과 획득영상을 비교하여 정상/불량을 판단할 때, 에지를 비교하여 판단하기 때문에 그림 5와 같은 Low-angle 조명장치를 사용하였다.

본 연구에서 사용한 LED는 라운드 타입의 램프로 중심부를 집중 조사하여 밝은 광량을 얻을 수 있도록 LED를 병렬로 배치하였다.

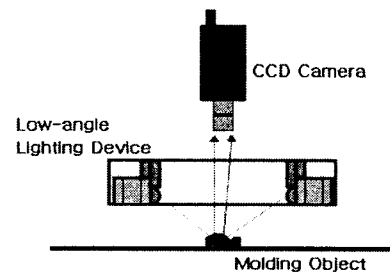


그림 5. Low-angle 조명

### 3.3 디지털 영상처리(Digital Image Processing)

디지털 영상처리는 컴퓨터를 이용하여 영상을 생성하고, 처리하고 영상을 해석, 인식하는 영상과 관련된 모든 분야를 의미한다. 영상처리는 영상조작, 영상분석, 영상인식, 영상통신 분야로 분류될 수 있고, 생물학, 군사, 공장자동화, 의료진단 영상 시스템 등 다양한 분야에 응용되고 있다.

사출부품의 품질검사를 위해 카메라를 통해 획득된 영상과 데이터베이스의 정상제품 영상을 비교하여 정상/불량을 판단한다. 영상을 비교하기 위해서 획득된 영상의 특징을 추출하여야 한다. 이때 가장 많이 사용되는 알고리즘이 윤곽선 검출(edge detection) 알고리즘이다. 윤곽선 검출은 미분 연산자에 의한 밝기 값의 변화를 이용하여 찾아내는 것이다. 또한 편미분 연산을 이용하여 미분 값을 구하는 방법도 있다. 프로그래밍을 할 때, 직접 계산보다는 마스크를 이용하여 빠른 계산을 하는 것이 더욱 효과적인데, 각 마스크의 특징은 마스크 내의 모든

픽셀의 합은 0이라는 것이다.

윤곽선 검출 알고리즘은 소벨(Sobel), 프리윗(Prewitt), 로버트(Robert) 등 여러 가지 종류가 있다. Sobel 연산자는 수평과 수직 윤곽보다는 대각선 방향에 놓여진 윤곽에 더 민감하며, Prewitt 연산자는 대각 방향의 윤곽보다는 수평, 수직 윤곽에 더 민감하다. Roberts 연산자는 다른 마스크보다 크기는 작지만 효과적으로 사용할 수 있으며, 잡음에 매우 민감하다.

2차 미분은 1차 미분(gradient)을 다시 미분하는 방법으로, 윤곽의 강도만(방향은 구하지 않는다)을 검출하는데 사용된다. 1차 미분 연산자는 에지가 존재하는 영역을 지날 때 반응하는 부분이 많이 나타난다. 이것은 특히 완만한 경사를 이루는 에지일 경우, 반응이 더욱 두드러진다. 이상적인 에지 검출기는 에지의 중심에 위치한 임의의 에지만을 검출할 수 있어야 한다.

2차 미분 연산자의 장점은 검출된 에지의 윤곽선들이 폐곡선을 이루는 것이다. 이것은 영상 분할에서 매우 중요하다. 또한 2차 미분은 밝기 값이 점차적으로 변화되는 영역에 대해서는 반응을 보이지 않는다.

2차 미분 연산자의 좋은 예로 Laplacian 연산자를 들 수 있다. Laplacian 연산자는 다른 연산자들 보다 더욱 뚜렷한 에지를 검출한다.

영상 검사 시스템은 획득된 영상의 특징을 추출하여 정상 제품의 영상과 비교한다. 영상비교를 위해 널리 사용되는 방법은 형판 매칭(template matching) 방법이다. 입니다. 형판 매칭 방법은 각 클래스에 대한 형판(template)을 저장하여 두고 입력 패턴과 각 형판을 차례로 비교하여 패턴 인식을 하는 방법이다. 비교는 입력 패턴과 형판간의 상호 상관으로 이루어진다.

본 연구에서는 그림 6과 같이 각 선 및 호 등의 거리, 각도 등과 검사 대상의 모든 기하학적 정보를 추출하여 비교하여 정상/불량을 판단하게 된다.

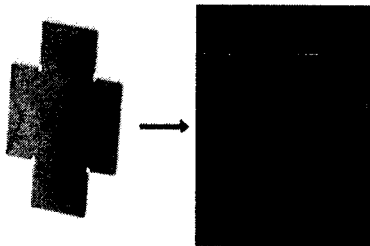


그림 6. 기하학적 정보 추출

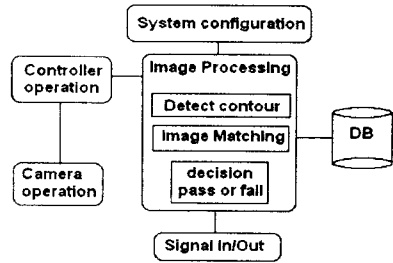


그림 7. 프로그램 구조

CCD 카메라를 통해 획득된 영상을 처리하여 데이터베이스의 정상 제품 영상과 비교하고 정상/불량을 판단하는 알고리즘을 비주얼 베이직 6.0을 사용하여 구현하였다. 프로그램은 그림 7에 나타난 것과 같이 vision controller 구동 part, 카메라 구동 part, 신호 입출력 part, 이미지 처리 및 분석 part, 검사환경 설정 part, 결과 판단 part 등으로 구성되어 있다.

#### 4. 실험 및 결과

실험용 영상검사 시스템을 구성하는 하드웨어 시스템은 아래의 표 2와 같다.

표 2. 영상검사 시스템 사양

항 목	사 양
Camera	Sony XE-E series(black and white)
Interline CCD	1/2 type IT type CCD
Electronic Shutter function	1/100 to 1/10,000 sec
LED	Round type lamp
CPU	Pentium-4 3GHz above
RAM	512MB above
HDD/FDD	80GB, 7200rpm/3.5"
Video Memory	16MB, true color
Frame Grabber	IPS Frame Grabber RVS1 - 1300

그림 8은 개발된 시스템의 정상동작 여부를 판단하기 위해 실험하는 장면을 나타낸 것이다.

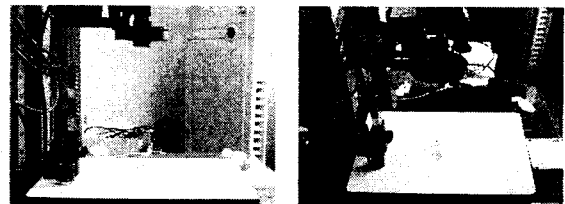


그림 8. 영상 검사

개발된 시스템은 제품의 놓인 상태에 관계없이 제품을 검사할 수 있도록 개발되었다. 그림 9은 제품 검사의 결과를 나타낸 것이다.

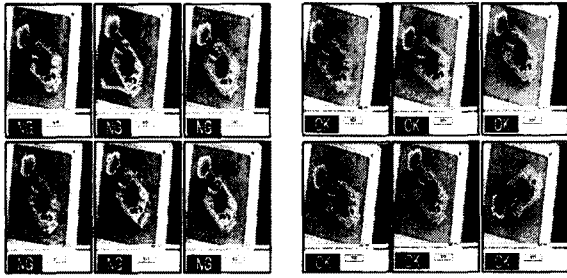


그림 9. 영상 검사 결과

## 5. 결 론

자동차는 수많은 부품으로 구성되어 있으며, 많은 부품이 사출에 의해 생산되고 있다. 사출에 의해 생산된 부품은 용도에 따라 모양이나 내부구성이 서로 다르다. 하루에 수 만개씩 생산되는 이러한 부품의 품질검사가 사람의 육안검사로 수행되고 있다. 사출 부품의 품질검사를 육안검사로 수행하는 경우, 검사자의 피로도가 축적되면, 정확한 검사가 이루어지지 않는 경우가 많다. 또한, 작은 부품을 육안 검사하는 경우 피로도가 축적되는 속도가 빨라지게 되어 불량품을 정상제품으로 판정하는 빈도수가 높아진다. 이와 같이 검사자의 단순반복 작업에서 발생하는 피로도를 해소하고 일정한 품질을 유지할 수 있는 자동화 검사 시스템의 개발이 지속적으로 요구되어 왔다.

본 연구에서는 자동차용 전기·전자 계통 부품으로 사용되는 사출제품의 품질검사를 자동화하기 위한 영상검사 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 정상 제품의 영상과 검사 대상 영상을 비교하여 정상/불량을 판정한다. 실험결과에서도 아주 우수한 성능을 나타냄을 확인할 수 있었다.

본 연구를 통해 개발된 영상검사 시스템을 생산된 제품의 품질검사를 사람의 육안검사에 의존하고 있는 분야에 적용한다면, 위에서 언급한 문제점을 해소할 수 있을 뿐만 아니라 일정한 제품의 품질을 유지할 수 있어 기업의 신뢰도 향상과 직무기피 현상을 제거할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 2006년 중소기업청 직무기피해소사업 지원에 의하여 연구되었습니다.

## [참 고 문 헌]

- [1] Wallace Wang, "Visual Basic 6 For Dummies," DC Books Worldwide, Inc., 1998.
- [2] Francesco Balena, "Programming Microsoft Visual Basic 6.0", Microsoft Press, 1998.
- [3] William K. Pratt, "Digital Image Processing-3d Edition," John Wiley & Sons, Inc., 2001.
- [4] Khan E., Ghanbari M., "Error detection and correction of transmission errors in SPIHT coded mages", Image Processing 2002, Proceedings 2002 International Conference on II-689-II-692, Vol. 2, 22-25, Sept. 2002.
- [5] C. W. Chong, P. Raveendran and R. Mukundan, "A

- comparative analysis of algorithms for fast computation of Zernike moment," Pattern Recognition, vol. 36, no. 3, pp. 731-742, 2003.
- [6] Gonzalez and Woods, "Digital Image Processing" 2nd Edition", Prentice Hall, 2002.
- [7] Gonzalez, Woods, and Eddins, "Digital Image Processing Using MATLAB," Prentice Hall, 2004.