

# 영상처리를 이용한 자동차 도어필러의 자동 폴리싱 시스템 개발

김성진<sup>1\*</sup>, 이성철<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(사)전북대학교 자동차부품금형기술혁신센터, <sup>2</sup>전북대학교 기계공학과

## Development of Auto Polishing System for Automobile Door A-Fuel Filler using Image Processing

Seong-Jin Kim<sup>1\*</sup> and Seong-Cheol Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Chonbuk National University Automobile-parts & Mold Technology Innovation Center

<sup>2</sup>Department of Mechanical Engineering, Chonbuk National University

**요 약** 플라스틱은 형상의 구애를 거의 받지 않아 자유 곡면형상을 표현할 수 있고, 다양한 색상과 저렴한 가격으로 대량으로 생산할 수 있는 장점을 가지고 있으며, 차량의 경량화 부품소재로 많이 사용되고 있는 가운데 자동차 도어필러 성형은 엔지니어링 플라스틱을 사용하는 대표적인 예로서, 사출성형으로 생산되고 있다.

이러한 방법으로 생산된 부품은 대부분 외관 부품으로 사용되어 표면에 대한 불량 제거가 무엇보다 중요하며, 이를 위해 마지막 공정으로 폴리싱 작업을 수행하고 있다. 작업자에 의해 이루어지는 폴리싱 작업은 많은 힘을 요구하며, 이로 인해 작업자들의 피로도가 높은 공정으로 분류되어 기피공정이 되고 있다.

본 연구에서는 영상처리를 이용하여 폴리싱 공정의 작업을 작업자와 연계하여 불량위치를 검출하고 폴리싱 공정을 자동으로 수행할 수 있도록 폴리싱 자동화 장비의 개발하였다. 이를 통해 생산시간 단축(30초) 및 작업인원 1명 감소로 생산단가의 경쟁력을 높이는 개선효과를 기대하게 되었다.

**Abstract** A plastic has a various advantages in engineering elements that it can be formed a curve surface without restriction of shape and product the high volume with various color and lower price. Also, it is being used for many parts of automobile as the weight of cars is getting lighter. The Door A-Fuel Filler is a automobile plastic part by injection molding production.

The injected products are involved a lot of factors for the inferior goods after painting. Therefore the painted products are required to have the process of the polishing in order to eliminate the faults. Now polishing process is being worked by hands. The workers tend to evade the process of polishing because the working needs a lot of powers momentarily.

This paper presents the development of auto-polishing system that can check the inferior goods by the vision system and control the polishing process by the motion system. As a result, Shorten production time (30 seconds), and decreases by 1 person to work to increase the competitiveness of the production cost was to expect improvement.

**Key Words** : Polishing, Vision system, Motion control, Door A-Fuel Filler

### 1. 서론

자동차 부품의 플라스틱 재질은 대부분 사출성형으로 이루어져 있다. 이는 형상의 구애를 거의 받지 않아 자유

곡면 형상으로 표현할 수 있고, 다양한 색상과 저렴한 가격으로 대량 생산할 수 있는 장점을 가지고 있다. 근래에는 차량의 경량화에 따른 EP(Engineering Plastic)의 개발이 활발해지면서 사출성형에 의한 자동차 부품 생산은

본 논문은 한국산업단지관리공단 연구과제로 수행되었음.

\*Corresponding Author : Seong-Jin, Kim (Chonbuk national University Automobile-parts&Mold Technology Innovation Center)

Tel: +82-63-219-0313 email: ksj@camtic.or.kr

Received November 14, 2013

Revised December 26, 2013

Accepted April 10, 2014

점점 증가하는 추세이다. 또한 자동차 외관에 부착되고 있는 제품의 경우에는 자동차 색상에 따라 사출물에 도장하여 제품화되고 있다. 특히 외관용으로 사용되어지는 사출제품은 도장면에 대한 상태가 중요한 검사 요소가 되고 있으나, 도장공정 후 도장면의 불량률이 70%이상 발생되고 있어 폴리싱 작업을 통해 불량 요소를 제거하고 최종 제품으로 납품되고 있다. 이러한 도장 제품에 대한 폴리싱 작업은 필수 공정이라 할 수 있다. 그러나 현재 폴리싱 작업은 작업자의 육안 검사와 공압공구를 이용하여 수작업으로 진행되고 있으며, 제품 표면의 광택을 위해서는 폴리싱 과정에서 가압이 필요하고, 계속적인 단순반복 작업과 인체의 특수한 부위의 근육만을 사용함으로써 작업자들의 애로사항이 많이 발생하여 작업자들이 기피하는 공정이 되고 있다. 이로 인해 비교적 근육이 연약한 여성 작업자에게는 큰 부담이 되고 있어 주로 외국인 노동자들이 작업을 진행하고 있는 실정이다.



[Fig. 1] Polishing by worker

폴리싱공정에서의 작업강도를 줄이기 위해 본 논문에서는 자동차 외관 품목인 도어필러의 폴리싱 공정에 대한 자동화를 진행하였으며, 개발된 자동 폴리싱 장비는 광택면에 대한 도장 불량위치를 비전시스템으로 인식하여 찾고, 불량위치에 대한 폴리싱 작업을 수행하도록 모션 시스템의 경로제어를 수행하는 시스템을 개발하였다. 즉 비전시스템과 모션시스템을 이용하여 작업자에게 가장 작업강도가 큰 폴리싱작업에 대한 자동화시스템을 개발하였다.

## 2. 자동 폴리싱 시스템 설계

### 2.1 자동 폴리싱 공정설계

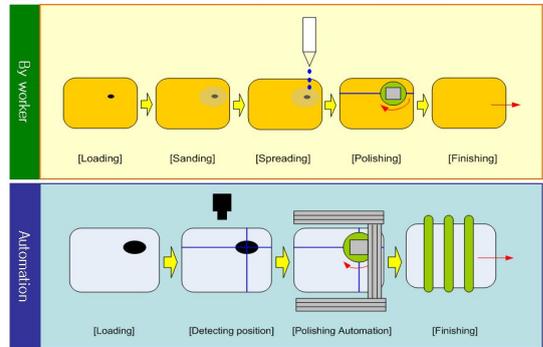
폴리싱 공정의 기존 작업공정은 작업자 육안검사를

통하여 발견된 불량 부분에 샌딩작업으로 도장불량 요소를 제거한 후 그 위에 광택제를 도포하고, 이를 폴리싱 공압공구를 이용하여 폴리싱 작업으로 이루어진다. 폴리싱 공정의 자동화를 위해 도어필러의 광택면에 대한 도장 불량위치를 비전시스템으로 인식하여 찾고, 불량위치에 대한 폴리싱 작업을 수행하도록 모션시스템의 경로제어를 수행하는 공정으로 설계 하였다[Fig. 2].

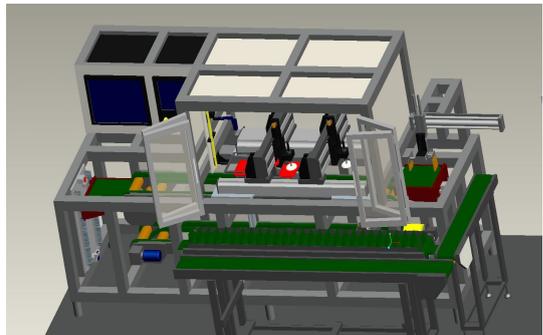
사출물 도장 후 광택면에 발생하는 도장불량의 정도에 따라 샌딩작업의 정도 차가 발생하여 이에 대한 작업은 작업자가 육안확인 후 샌딩작업과 광택제 도포작업을 선행 진행하도록 하였다.

자동 폴리싱 시스템은 제품을 이송하는 반송시스템, 도장불량 위치를 판별하는 비전시스템과 판별된 위치 값을 기준으로 하여 광택작업을 수행하는 모션시스템, 그리고 폴리싱 작업 후 발생하는 열을 냉각시키는 냉각시스템으로 구성하여 설계하였다[Fig. 3].

또한 자동폴리싱장비를 통해 작업된 제품에 대해서는 작업자가 육안검사를 통해 작업의 품질을 확인하고, 불량시 반송할 수 있도록 하여 품질관리가 가능하도록 구성하였다.



[Fig. 2] A design of polishing automation process



[Fig. 3] A 3D modelling of auto polishing machine

### 2.2 비전-모션시스템 설계

폴리싱 작업의 자동화를 위해 불량률의 위치를 파악하고, 그 위치에서 폴리싱 작업이 수행되어야 하기 때문에 전체적인 작업제어를 PC에서 수행하고, 작업위치를 파악하기위한 비전시스템과 폴리싱 작업을 수행하는 모션시스템을 연동하도록 구성하였다[Fig. 4].

Table 1은 비전시스템과 모션시스템의 주요사양을 나타내고 있다.

[Table 1] Specification of vision and motion system

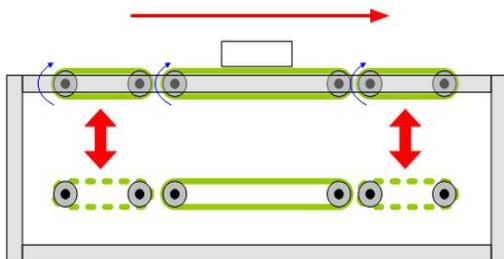
Section	Specification
Vision System	- IEEE1394 Camera (60f/sec) - LED light system
Motion system	- Mitsubishi servo motor/driver 800W - Motion controller(NI PCI-7390) - 2Axes(Working Area : 150×200mm)
Controller	- Panel PC(PentiumIV 2.4GHz, 1G memory)
Program SW	- NI LabVIEW 8.2



[Fig. 4] Layout of vision and motion system

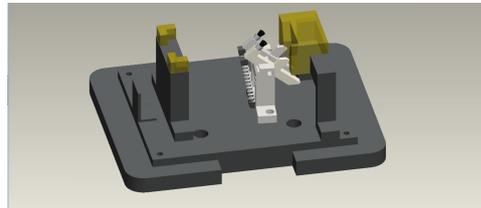
### 2.3 반송시스템 설계

제품의 영상인식과 모션제어에 의한 폴리싱 작업위치에 대한 공간의 동일성을 유지하기 위해, 공정간 이송은 Fig.5와 같이 이송컨베어와 리프트 장치로 구성된 반송 시스템 상에서 제품이 안착되는 지그가 각 공정을 이송하도록 시스템을 설계하였다.



[Fig. 5] A Concept of transfer system

또한, 공정에 적용되는 3개의 차종에 대해 제품지그를 공용으로 사용될 수 있도록 설계하였으며, 반송시스템 상에서 제품이 공급된 지그가 순차적으로 공정을 이송하면서 작업이 이루어지도록 하였다[Fig. 6].



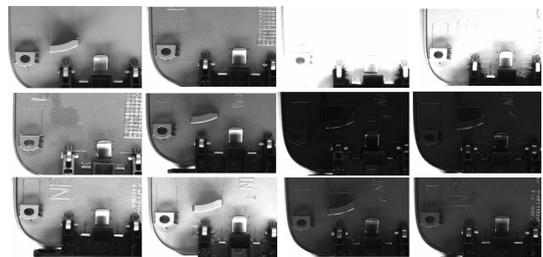
[Fig. 6] Modelling of Jig

## 3. 자동 폴리싱 제어시스템 개발

### 3.1 불량위치 비전검출 시스템

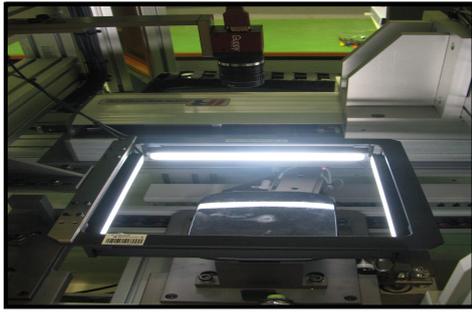
자동차의 외관제품으로 도장되는 색상은 12종류가 되며, 이에 따라 빛의 반사 정도가 상이하여 각각의 영상취득을 위해 각각의 제품 도장면에서 고른 조명조건으로 설정하는 것과 영상에는 조명 반사로 인한 영향이 나타나지 않는 것이 중요하다. 이를 위해 4면에서 빛을 조사하는 사각 조명을 사용하여 반사를 최소화하는 높이를 조정하고, 0 ~ 255단계의 조명 밝기가 설정이 가능한 LED조명을 이용하여 색상별로 조명 조건을 설정하도록 하였다.

Fig. 7은 동일 조명조건(150단계)에서 12색상에 대한 제품영상을 보여주고 있다.



[Fig. 7] Images under the same lighting condition

폴리싱 작업위치에 대한 판별은 Fig. 8과 같이 구성된 비전시스템으로부터 얻어진 영상을 통해 도장면 상에 위치한 광택액을 구분하고, 이에 대한 위치값을 얻도록 하였다.



[Fig. 8] Photo of image test by vision system

취득된 영상으로부터 제품의 도장면과 광택제 도포영상을 분리하기 위해 thresholding 기법을 사용하여 경계값 T를 기준으로 영상데이터를 아래와 같이 변환하여 2진화된 새로운 영상을 취득하였다.

$$g(x,y) = \begin{cases} 1, & \text{if } f(x,y) > T \\ 0, & \text{if } f(x,y) \leq T \end{cases} \quad (1)$$

여기서,  $f(x,y)$  : 원본영상데이터

$g(x,y)$  : 변환영상데이터

분리된 요소의 객체의 중심점은 식(2)를 통해 얻었으며, 이를 작업좌표로 사용하였다.

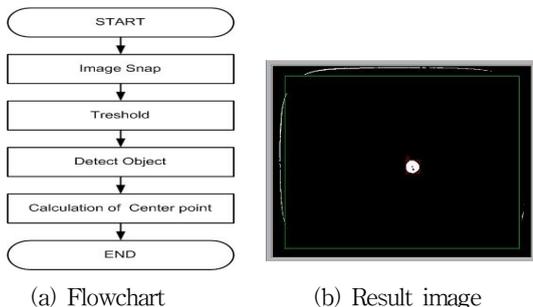
$$W(x,y) = g\left(\frac{x_{\max} + x_{\min}}{2}, \frac{y_{\max} + y_{\min}}{2}\right) \quad (2)$$

여기서,  $W(x,y)$  : 폴리싱 작업 좌표

$x_{\max}, x_{\min}$  : 분리영상의 x방향 최대, 최소좌표

$y_{\max}, y_{\min}$  : 분리영상의 y방향 최대, 최소좌표

Fig. 9는 영상처리 순서도와 2진화 결과이다.



(a) Flowchart

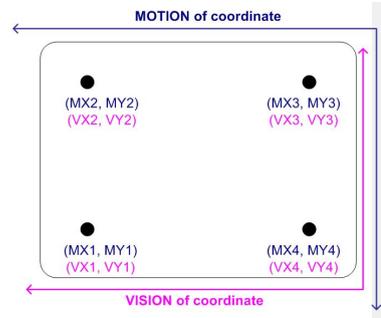
(b) Result image

[Fig. 9] Image processing

### 3.2 비전-모션 좌표변환

제품의 작업위치에 대한 좌표 일치를 위해 비전위치 좌표를 모션 위치좌표로 변환하는 과정이 필요하며 이를

위해 다음의 Fig. 10에서 보는 바와 같이 지정된 위치의 4점에 대한 위치값을 가지고 보정작업을 통해 두 좌표에 대한 좌표를 일치하도록 보정하였다.



[Fig. 10] The coordinates of vision and motion

$$M_x = A V_y + B \quad (3)$$

$$M_y = C V_x + D \quad (4)$$

여기서,  $M_x, M_y$  : 모션위치 좌표

$V_x, V_y$  : 비전위치 좌표

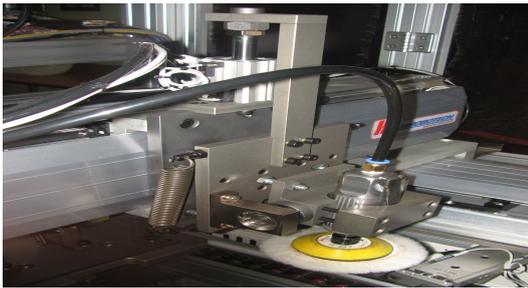
$A, B, C, D$  : 보정계수

### 3.3 모션제어

모션시스템은 폴리싱 작업위치로 폴리싱 공구를 이동하여 작업을 진행하도록 하였다. 폴리싱 작업을 위해 2축 직교로봇을 이용하여 평면좌표를 구성하고, 공압실린더로 Z축을 구성하였으며, 작업공구는 공압실린더에 부착하였다. Fig. 11과 Fig.12는 직교로봇을 이용한 시스템 구성을 보여준다.



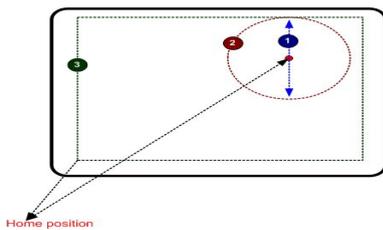
[Fig. 11] A photo of structure for polishing process using 2-axis robot



[Fig. 12] Polishing tool

작업공구의 이송경로는 Fig.12와 같이 불량면의 제거를 위해 작업공구를 도장면과 일정 각도로 기울여 설치하였다. 폴리싱 작업을 위해 Fig.13과 같이 직선으로 왕복운동(①)을 하였으며, 도장면의 광택을 위해 작업위치를 중심으로 일정거리의 원형궤적(②)으로 이동하였다. 또한 마지막으로 제품의 전면 광택을 위해 외곽경로(③)를 이송하며 폴리싱 작업이 이루어지도록 경로를 구성하였다.

도장면의 불량을 제거하고 제품의 광택을 내기위한 폴리싱 작업의 최적화를 위해 5kgf 스프링 장력을 이용하여 도어필러의 곡면형상에 따라 패드 마찰면이 밀착시키고, 고속 왕복하는 직선운동과 작업 구역내에 대한 마무리 작업을 위해 반경 8mm의 원운동으로 작업을 진행하였다. 최적의 광택은 5초 동안의 직선운동, 5회의 원운동으로 작업을 진행할 때 얻을 수 있었다.



[Fig. 13] Two paths of polishing process

### 3.4 비전-모션 제어프로그램

자동 폴리싱 공정을 구성하는 비전시스템과 모션시스템의 제어는 NI사의 LabVIEW SW를 이용하여 프로그램 하였으며, Fig. 14는 제어프로그램의 주화면을 보여주고 있다.

제어프로그램은 영상처리를 통한 위치산출, 좌표변환, 모션제어를 담당하며, 이에 대한 정보를 작업자에게 제공될 수 있도록 하였다. 또한 11가지 색상에 대한 검사한

경의 설정이 저장되어 작업자가 색상 선정만으로 작업 전환이 가능하도록 하였으며, 일일 단위의 생산계획과 생산수량을 확인할 수 있도록 구성하였다.



[Fig. 14] A capture of main display panel

## 4. 결론

자동차 외관 품목인 도어필러 제품의 도장 후 발생하는 불량항목을 제거하기 위해 폴리싱 작업 요구되어지고 있으나, 작업자들에게 큰 작업부담으로 주어지고 있다. 이를 위해 비전-모션시스템을 이용하여 공급된 도장 제품의 작업위치를 추적하고 작업공구를 이동하여 폴리싱 공정을 자동화할 수 있는 자동폴리싱 시스템을 개발하였다.



[Fig. 15] A photo of auto polishing machine developed

개발된 시스템을 이용하여 S사에서 작업하였던 기존의 시스템에서는 작업자에 의한 폴리싱 공정에서 30초의 작업시간이 소요되고 하루 총 960개의 제품을 생산하고

있었으나, 상기의 Fig. 15에 사진으로 보는 본 연구로 개발된 자동폴리싱 시스템을 활용할 때는 하나의 불량 위치당 20초의 작업시간이 소요되고 하루 1,440개의 제품을 생산할 수 있게 되었으며, 또한 2인의 작업자가 수행하던 업무량을 1인의 작업으로 하루 생산량을 충분히 감당할 수 있게 되어 생산량 증가와 인건비 감소로 생산단가의 경쟁력을 높이는 개선효과를 기대하게 되었다.

추후 폴리싱에 대한 작업시간 단축등의 효과를 위해 폴리싱 궤적 등에 대한 연구가 요구되어진다.

## References

- [1] Thomas Klinger, "Image Processing with LABVIEW and IMAQ Vision," Prentice Hall, 2005.
- [2] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, "Digital Image Processing," Prentice Hall, 1998.
- [3] S. W. Shin and D. S. Ahn, "Transfer De-burring Skills to Robot using Vision System," J. of the Korean Society for Precision Engineering, Vol.15, No.9, pp.93-100, 1998.
- [4] Linda G. Shapiro and George C. Stockman, "Computer Vision," Prentice Hall, 2001.
- [5] National Instrument, "NI Vision Manual," NI, 2005/
- [6] S. M. Kim, J. Y. Yoon, Y. C. Lee, and S. C. Lee, "Inspection System of Omission and Eccentricity of Welded Nuts using Machine Vision," CASS (Control, Automation and Systems Symposium) 2006, ICASE, pp.506-511, 2006.
- [7] David Vernon, "Machine Vision, Automated Visual Inspection and Robot Vision," Prentice Hall, pp. 118-130, 1991.
- [8] S. H. Han, "Vision System Design for Automated Test and Repair of Steam Generator Holes in Nuclear Power Plants," J. of the Korean Society for Precision Engineering, Vol.15, No.6, pp.5-14, 1998.
- [9] 양민양, 이호철, "비구면을 위한 컴퓨터 제어 폴리싱 장치 개발", 한국정밀공학회 98년도 추계학술대회, pp228-232, 1998.

### 김 성 진(Seong-Jin Kim)

[정회원]



- 1997년 2월 : 전북대학교 대학원 기계공학과 (석사)
- 2010년 2월 : 전북대학교 대학원 기계공학과(박사수료)
- 2006년 3월 ~ 현재 : (사)전북대학교 자동차부품금형기술혁신센터 책임연구원

<관심분야>

메카트로닉스, 머신비전, 생산자동화

### 이 성 철(Seong-Cheol Lee)

[정회원]



- 1976년 2월 : 전북대학교 대학원 기계공학과 (공학석사)
- 2004년 3월 : 일본 동북대학교 기계정보공학과 (공학박사)
- 1979년 7월 ~ 현재 : 전북대학교 교수

<관심분야>

메카트로닉스, 임베디드시스템, 시스템 자동화