

알터네이터 스푼 고속 검사를 위한 자동화 비전시스템 설계

장봉춘^{1*}

¹안동대학교 기계공학과

Design on Automatic Vision System for Fast Alternator Spool Inspection

Jang Bongchoon^{1*}

¹Dept. of Mechanical Engineering, Andong National University

요약 본 논문에서는 자동차 핵심부품 중 하나인 알터네이터 스푼의 육안검사를 대체하기 위한 머신비전시스템을 설계하는 데 목적이 있다. 플라스틱 사출물인 알터네이터 스푼의 경우 일반적으로 미성형, 찍힘, 뜯김, 크랙 등의 불량 유형이 발생한다. 스푼을 고속으로 전수검사하기 위하여 설계의 실패 사례를 예로 들었고, 이를 통해 최적의 고속 자동화 머신비전 시스템을 설계하고 2차 협력 업체인 중소기업에 의해 저비용 검사 시스템에 초점을 맞추고자 한다. 3차원 설계 소프트웨어인 Pro-Engineer와 CATIA가 사용되었다. 개발 제작 될 시스템은 산업현장에 적용하여 절대적 판정의 안정성을 도모하고, 생산성 향상을 위한 사이클 타임을 충족하는 데 기여할 수 있다.

Abstract This research aims to design on an automatic machine vision system to replace eye inspection of alternator spool which is one of the key automotive parts. The alternator spool, plastic extrusion part would have various defects like unfinished, crack and burr. Through the design failure examples the optimized fast machine vision system will be designed to inspect all spools also focuses on the low cost machine for the middle sized company as 2nd automotive supplier. 3-dimensional design softwares of Pro-Engineer & CATIA were used and the system were built based on the design. The system will contribute to satisfy the cycle time and can inspect each part in an absolutely accurate method, which is sufficient for industrial applications.

Key Words : Alternator Spool, Machine Vision, Inspection, Pro-Engineer, CATIA

1. 서론

자동차 핵심부품인 Alternator의 Spool 플라스틱 제품은 사출공정에서의 크랙, 미성형, 뜯김 등이 발생하는데 이는 자동차에 중대한 결함을 야기 시킬 수 있다. 불량품이 납품되었을 경우 캐나다, 북미 지역과 같이 날씨가 춥거나 온도변화가 심한 곳에서는 Spool의 압축과 팽창이 자주 일어나는 데 이때 불량 부분이 심화되면서 Alternator의 기능을 손상시켜 자동차의 시동불능, 정지 등의 문제를 야기 시킨다. 실제로, 2001년 국내 한 업체가 전수 검사를 하지 못하고, 불량품을 수출하여 외국 자동차에 중대한 결함을 야기시켜 소송으로 인하여 회사가 파산한 사례가 있다.

국내외 자동차 Maker들의 자동차부품업체에 대한 전

수검사 요구가 날로 강화 되고 있고, 국가 성장동력 산업인 자동차핵심부품의 국제 경쟁력 강화를 위해서도 머신비전 시스템 구축으로 불량률 0% 달성이 절대적으로 필요하게 되었다.

국내의 한 중소기업이 2005년 6백만 개 매출에서 2010년 1천만개 매출 실적 예상으로 자동화 시스템 설치가 절실히 요구되었고, 약 25명의 작업자가 인간의 육안 검사로 인한 착시현상으로 전수검사가 불가능한 판정의 안정성을 도모하기 위하여 비전시스템의 개발이 절대적으로 필요하며 0 PPM 달성을 위한 연구가 필요하였다. 따라서 본 연구는 자동차의 핵심부품중 하나인 Alternator Spool 부품의 전수검사를 위한 머신비전시스템 설계에 집중하였다. 본 연구에서는 검사 알고리즘에 대한 내용은 차후에 언급하기로 한다.

이 논문은 2008학년도 안동대학교 국제학술교류 보조금 및 산업기술평가원 신기술실용화 사업지원으로 연구되었음

*교신저자 : 장봉춘(bjang@andong.co.kr)

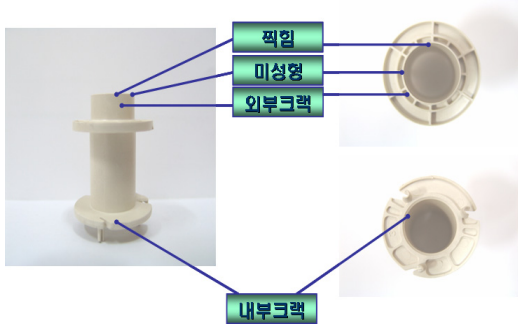
접수일 10년 09월 08일

수정일 10년 11월 10일

게재확정일 10년 11월 19일

2. 연구대상물 및 검사유형

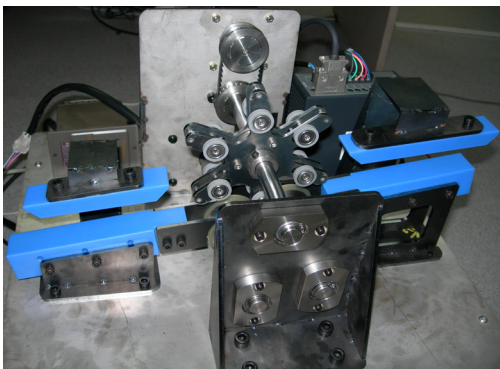
플라스틱 사출제품은 주로 미성형, 찍힘, 뜯김 등의 불량제품이 발생하는 데 알테네이터 스펴의 경우 부품의 크기가 작고 두께가 얇은 관계로 금형 틀 이착 시 그림 1과 같이 하단 내부에 크랙이 발생한다. 따라서 스펴의 상단과 하단 내면을 동시에 검사하기 위하여 카메라 2대를 동시에 사용한다.



[그림 1] 검사 부품의 불량 유형

3. 시스템 설계사례 (1)

본 연구에서는 부품 1개당 검사를 위한 사이클 타임이 4초가 필요한데 통상 검사알고리즘 시간은 1.5~2.3초로 잡고, 여유시간 0.5초를 남겨두면 1개부품의 이송과 스펴을 2바퀴 회전시켜서 카메라가 검사할 수 있도록 한 공정당 1.2초 이내에 공급과 다음공정까지의 이송이 필요하다. 다음 그림 2와 같은 공급방식을 착안하여 보았다. 스펴 투입부와 물레방아와 같이 6개의 다리를 가지고 스펴을 하나씩 물레가면서 공급하는 방식으로 검사 후 다음 공정으로 내보내는 방법을 취하려 설계하였다.

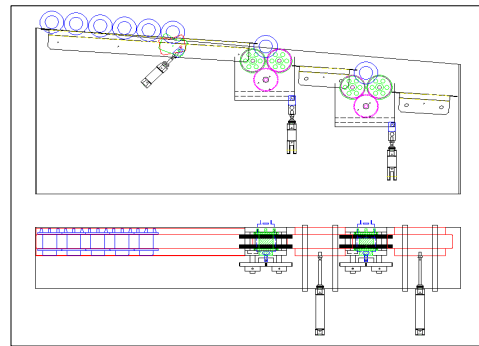


[그림 2] 물레방아식 이송장치부 제작

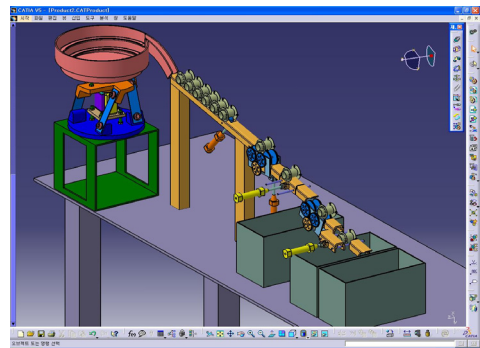
제작하여 시험해 본 결과 스펴 부품이 하단부의 회전 로울러 첫 번째와 접촉하여 마찰력을 발생시키고, 3차원 설계상에서와는 달리 간섭현상이 생겨서 잘 넘어가지 못하는 현상이 발견되었다. 이 시스템은 사이클 타임을 획기적으로 줄일 수 있을 것이란 계산 하에 설계하였으나, 현실적으로는 해결해야 할 문제가 많다고 결론지었다.

4. 시스템 설계사례 (2)

그림2의 물레방아식 이송장치 설계와 달리 그림 3은 스펴을 1개씩 굴러서 자유낙하에 의해 굴러가게 하는 방식으로 설계하였다.



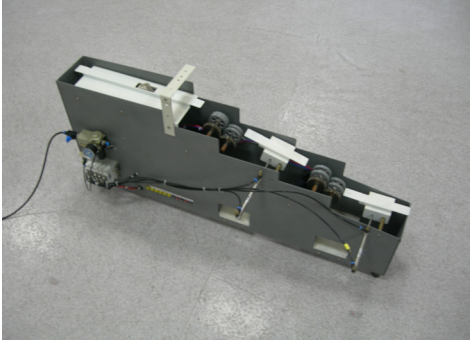
[그림 3] 스펴 검사자동화 이송장치부의 기구학적 설계도면



[그림 4] 스펴 검사자동화 시스템의 3차원 시스템설계도

그림 4와 같이 부품 공급 장치에서 Linear Feeder를 장착하여 Spool이 일정 속도로 공급할 수 있도록 센서 및 Stopper를 설치하여 제작하고, 경사진 레일위에 Spool이 하나씩 공급 될 경우 밑에 2개의 롤러(Roller)를 장착하여 Spool을 회전시킬 수 있게 한다. Spool 양단에는 선택된 사양의 카메라와 조명을 설치하여 Crack 및 파손품을 검

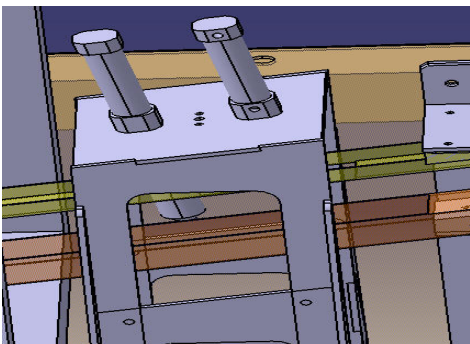
출한다. 다음 단계에서 제어 알고리즘을 통하여 제품이 불량일 경우 레일을 차단할 수 있도록 에어 실린더를 장착하여 불량품을 자유낙하 시킬 수 있게 그림 5와 같이 설계 제작하였다.



[그림 5] 스폴 검사자동화 이송장치부 제작

5. 최적 시스템 설계

아래 그림 6은 부품 정렬기의 끝단에서 순차적으로 스폴을 공급하기 위하여 에어실린더를 달아서 1개씩 공급할 수 있도록 설계하였고, 스폴의 이탈을 방지하기 위하여 상단부에도 가이드 레일을 설계하였다. 자유낙하에 의한 속도의 저하문제를 해결하기 위해 그림7과 같이 두 개의 에어노즐을 달아 스폴의 양쪽 단면에 공압으로 밀어서 0.1초 이내로 다음공정까지 이송시키는 방식을 채택하였다.

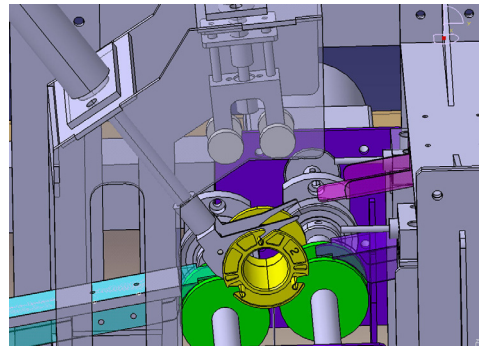


[그림 6] 부품 순차공급부 설계

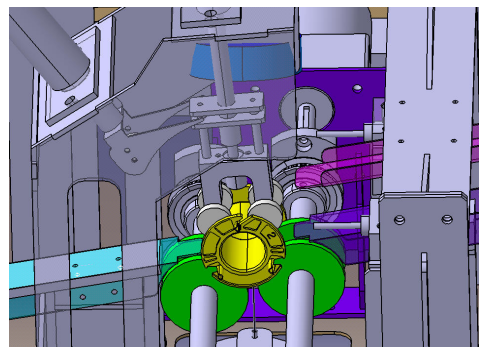


[그림 7] 스폴 공급속도 증가용 공급노즐 제작

공기압으로 빠른 이송에 의해 탈착을 막기 위해 그림 7~9와 같이 스폴이 레일을 타고 공급되고, 안정적 안착을 할 수 있게 스톱퍼(멈춤기구)를 두었다. 스폴하단에 두개의 회전 롤러를 두어 구동하였고, 스폴 회전시 이탈방지나 카메라로 이미지 검사시 진동방지를 위하여 상단부에 4개의 아이들러를 두어 안정적 이미지를 획득할 수 있게 설계하였다.

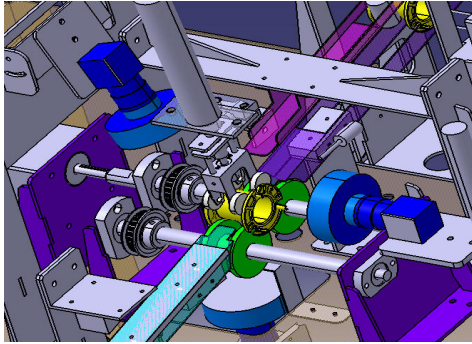


[그림 8] 스폴공급시 스톱퍼 및 회전롤러 설계

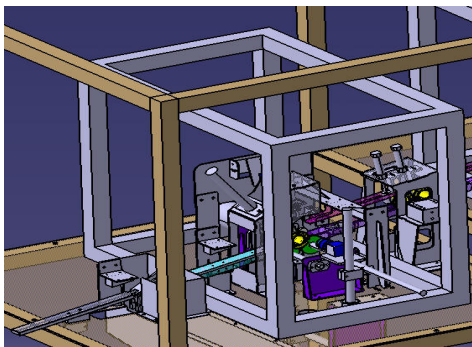


[그림 9] 안정적 회전을 위한 상단 아이들러 설계

그림 10~11은 스펀의 검사부를 설계한 것이고 카메라 2대를 설계하여 부착 위치를 확대한 그림과 비전 검사부의 전체 외관을 각각 보여준다. 그림 12는 그림 10~11을 바탕으로 제작한 그림이다.



[그림 10] 스펀 검사부 설계-스푼안착 측면

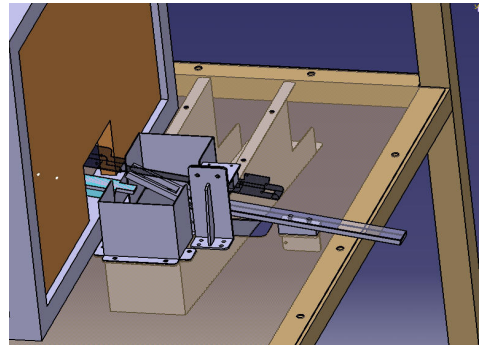


[그림 11] 스펀 검사부 설계



[그림 12] 비전용 암실 박스

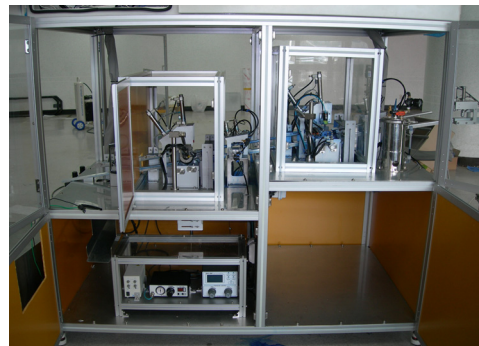
그림 13은 검사부에서 이미지 획득 후 검사알고리즘에 의해 부품의 양품/불량품이 결정이 되면 양품을 토출할 수 있게 설계한 그림이다.



[그림 13] 양품 토출부 설계

양품 토출부 실린더에 의해 가이드가 내려가면 양품배출구로 스펀이 배출된다. 불량으로 판정된 스펀의 경우 양품 토출부 실린더가 작동하지 않고 불량토출구로 배출된다.

그림 14는 그림 6 ~ 13의 설계에 바탕을 두어 비전시스템을 제작하였다. 왼쪽 암실 검사용 박스 하단에 조명을 위한 컨트롤러를 두었다.



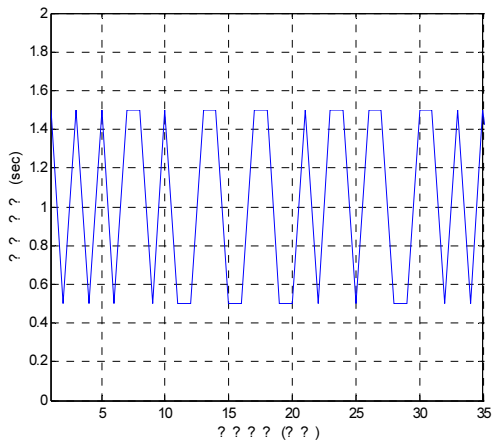
[그림 14] 비전시스템 제작

첫 번째, 두 번째 박스의 내부를 세부적으로 살펴보면 그림 8~9와 같이 스펀이 레일을 타고 공급되고, 우측 상단의 박스는 스펀을 회전시키면서 먼지나 이물질 및 제품의 Burr를 제거하기 위해 1cc 소량의 미세한 물로 세척하는 전 공정을 포함한다. 박스와 박스의 중간단계에서 물을 공압으로 세척해서 건조를 시킨 후 왼쪽 박스 비전 검사부에 스펀을 공급하여 제품의 양불을 판정한다.

5. 실험 결과

- (1) 본 논문에서는 스펀의 이송과 양불의 토출까지의 사이클 타임을 1.0 ~ 1.2초 이내로 맞추기 위한 설계에 목적을 두었기에, 300개의 제품을 연속적으

로 공급하였을 때 평균 사이클 타임이 1.2초로 측정되어서 설계목적에 적합하였다. 그림 15는 35개의 부품들을 가지고 연속적으로 시험한 결과의 그래프를 보여준다. 검사알고리즘에 의한 검사시간을 제외하고 이송하는 데 걸리는 시간은 아래의 경우 1.05초로 나타내어 사이클 타임을 충족한다.



[그림 15] 스폴 부품 이송 시간

- (2) 2차 설계에서 제기된 스폴공급의 이탈문제를 해결하기 위하여 전 공정에 스폴의 상·하 레일을 설치하여 스폴 부품이 옆으로 튕겨나가는 일이 없게 설계 제작하였다.
- (3) 그림 7과 같이 스폴 뒤에 2개의 노즐을 달아 스폴을 공급하는 에어실린더의 압축공기를 이용하여 아이들러까지 안착시키는 데 공급 속도를 0.1초 이내로 가능하게 하였다.
- (4) 시험운전 시 공압이 항상 5 Bar를 유지해야만 시스템이 정상적으로 작동함을 알 수 있었고, 실험실용의 에어탱크는 1천개정도 시험했을 때 공압이 부족해서 원활한 부품 이송이 되지 않을 때가 있었다. 이는 생산현장에서 에어탱크의 용량이 충분하기에 문제가 해결되었다.
- (5) 두 번의 설계 실패 사례를 통해 설계 요구조건을 충족시키기 위한 조건들을 찾아내서 산업체 Requirements를 충족할 비전시스템 설계를 성공적으로 완료하였다.

6. 결론

본 논문에서는 자동차 핵심부품 중 하나인 알터네이터

스폴 부품의 작업자 육안검사를 대체할 고속 머신비전 설계를 목표로 하여 다음과 같은 결론은 얻었다.

- 1. 본 연구에서는 두 개의 설계 사례를 통해 단점을 보완하여 머신비전 시스템에 적용시킨 결과 고속으로 이송할 수 있는 최적의 고속 머신비전 시스템을 개발하였다.
- 2. 본 설계는 설계의 요구조건인 이송 사이클 타임을 1.2초 이내로 맞추어 적합한 설계라 사료된다.
- 3. 이러한 전수 검사 방식은 작업자가 하는 전수 검사 방식과 비교해 볼 때 외부 환경적 영향을 덜 받고, 검사 기준을 정량적인 검사 수치로 정할 수 있어 절대적 판정의 안정성을 도모하며 전수검사에 대한 신뢰성을 증가시킬 수 있다.

참고문헌

- [1] S. W. Kim and Y. S. Ghim, "Measurement and Test System for Large-scale Object," Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 22, No. 5, pp. 21-27, May 2005.
- [2] J. Y. Song, H. Y. Park, H. J. Kim and Y. W. Jung, "Development of Defect Inspection System for PDP ITO Patterned Glass," International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, Vol. 7, No. 3, pp. 18-23, July 2006.
- [3] C. Oh, Y. Ryu, S. J. Shin, H. J. Yoo and B. U. Jun, "An Algorithm Development for Detecting Blister Defects of Display Glasses," Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 24, No. 4, pp. 7-14, April 2007.
- [4] 박형근, 이승대, 김선엽, "TFT-LCD 채널검사 자동화를 위한 원격 모니터링 시스템 개발", 산학기술학회 논문지, 제8권, 제3호, pp. 483-487, 6월, 2007.
- [5] 이정익, "실시간 검사 및 제어를 목적으로 한 용접성 평가", 산학기술학회 논문지, 제9권, 제9호, pp. 605-610, 9월, 2008.
- [6] H. S. Kim and B. R. Lee, "Real-Time Pipe Fault Detection System Using Computer Vision," International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, Vol. 7, No. 1, pp. 30-34, January 2006.
- [7] 장봉춘, "공학도를 위한 Pro-Engineer," Young, 2월, 2010.
- [8] 곽두영, "컴퓨터 기반의 제어와 계측 LabVIEW" Ohm사, 2004.

장 봉 춘(BongChoon Jang)

[정회원]



- 1996년 3월 : 오하이오주립대 기계공학과 공학석사
- 2000년 6월 : 캘리포니아주립대 기계공학과 공학박사
- 2000년 9월 ~ 2003년 2월 : 미국 General Motors Tech. Center, Team Leader
- 2003년 3월 ~ 현재 : 안동대학교 기계공학과 부교수

<관심분야>

머신비전, 메카트로닉스, 하이브리드차량, 차량동역학 및 제어