

마그네틱 스위치 케이스 제품 분류를 위한 검사 시스템 개발⁺

(Development of inspection system for classification of
magnetic switch case products)

류 정 탁^{1)*}

(Joeng Tak Ryu)

요 약 본 연구에서는 크기와 모양이 동일한 두 종류의 스타터 모터용 마그네틱 스위치 케이스 제품을 생산할 때 발생하는 분류 오류 문제를 해결하기 위한 지그(JIG) 및 시스템을 설계하였다. 지그의 구조는 제품의 정확한 검사를 위해 고안되었으며 작은 돌출부의 존재 차이를 가지는 두 부품의 분류를 위하여 다이얼게이지와 유도형 근접센서를 사용하여 검사 시스템을 설계하였다. 설계된 시스템의 성능평가를 통해 최적의 방안을 제안하였으며 이를 통해 공정상에서 발생하는 분류 불량률을 1%이하로 감소시켰다.

핵심주제어: 스타터 모터용 마그네틱 스위치, 제품 분류 자동화, 분류 불량률, 다이얼게이지, 유도형 근접센서

Abstract In this study, a JIG and a system were designed to solve the classification error problem of two types of magnetic switch case products for starter motors of the same size and shape. The structure of the jig is designed for accurate inspection of the product.

The difference between the two products is divided into products with protrusions and products without. For classification of the two products, an inspection system was designed using a dial gauge and an inductive proximity sensor. An optimal method was proposed through performance evaluation by two sensors. As a result, both methods greatly reduced the defect rate of classification errors occurring in the process.

Keywords: Magnetic switch for starter motor, product classification automation, classification defect rate, dial gauge, inductive proximity sensor

1. 서 론

* Corresponding Author: jryu@daegu.ac.kr

+ 이 연구는 2017학년도 대구대학교 학술연구비 지원으로 수행되었음.

Manuscript received April 13, 2021 / revised April 26, 2021
/ accepted April 27, 2021

1) 대구대학교 전자공학전공, 교신저자

전기, 전자, 정보 기술 및 첨단 제조 기술의 급속한 발전으로 제조 기업의 생산 모드가 디지털에서 지능형으로 전환되고 있다. 이러한 디지털 제조의 변화는 전 세계의 미래 제조업에 강력하고 지속적인 영향을 미치고 있다. 최근 디지털 제조 기술의 대표라 할 수 있는 것이 스마트팩토리이다.

스마트 팩토리는 기획, 설계, 생산, 유통, 판매 등 전 생산과정을 정보통신기술(ICT)로 통합해 최소의 비용과 시간으로 고객 맞춤형 제품을 생산하는 진화된 공장을 의미한다(Won et al. 2021; Julian et al. 2019; Baotong et al. 2018). 이러한 전 과정에 사물인터넷(IoT), 인공지능(AI), 빅데이터 등으로 통합해 자동화와 디지털화를 구현하는 게 기존 공장 자동화와 차별되는 요소이다. 그러나 현재의 산업 현장에서는 아직도 스마트팩토리 규모의 제조 공정보다는 생산 공정의 각 부분에 대하여 공장 자동화에 대한 요구가 현실적이다(Alejandro et al. 2020; Mariagrazia et al. 2018; Hamed et al. 2010). 이러한 공장 자동화는 아직도 산업현장에서 진행되고 있으며 이로 인하여 생산제품의 품질을 향상시킬 뿐 아니라 생산단가 및 시간을 단축시키고 있다(Piotr et al. 2020; Fatmir et al.2019; Christian et al. 2016). 특히 단일 조립 공정에서의 다종 부품 생산의 경우 육안에 의한 중간 부품의 분류보다는 시스템에 의한 분류가 더욱 빠르고 정확하기 때문에 자동화 시스템 구축이 절실하게 필요하다(Elias et al. 2017).

본 연구에서는 크기와 모양이 동일한 두 종류의 스타터 모터용 마그네틱 스위치 케이스 제품을 생산함에 있어 제품의 분류를 자동화 할 수 있는 지그 및 검사 시스템을 설계하였다. 미세한 두 모델의 차이를 구분하기 위하여 다이얼게이지와 유도형 근접센서를 각각 사용하였다. 설계된 시스템은 성능 평가를 통해 검증을 하였으며 두 시스템 모두 생산 공정에서 문제가 없음을 확인할 수 있었다. 이를 통해 생산 공정의 시간 단축 및 불량률을 크게 감소시킬 수 있었다.

2. 현장의 문제점 발견 및 해결 방안

2.1 제품의 차이점 분석

본 연구는 D사에서 생산되는 마그네틱 스위치 케이스의 조립라인에서 발생되고 있는 문제점을 해결하기 위하여 수행되었다. D사에서는 동일 조

립 라인에서 두 종류의 유사한 모델을 생산하고 있으며 생산 상황에 따라 하루에도 몇 차례 생산 모델을 수시로 변경한다. 이와 같은 조립라인에서 제품의 모델에 따라 후속 작업이 다르게 적용되어야 함에도 불구하고 모델의 유사성 때문에 잘못 적용되는 경우가 발생하며 이로 인하여 불량품이 생산된다. 이를 제품의 혼입 불량에 의한 문제라고 현장에서는 정의하고 있다. 현장에서는 육안으로 두 개의 모델을 구분하여 제품을 생산하므로 생산 시간이 길어지고 인력에 의한 작업으로 인하여 경제적인 문제가 발생하고 있다.

Fig. 1은 D사에서 생산되는 자동차 시동모터용 마그네틱 스위치 케이스들이다. Fig. 1(a)와 (c)는 모델 A의 상단 및 측면 사진이며 Fig. 1(b)와 (d)는 모델 B의 상단 및 측면 사진이다. 두 모델 모두 높이 35 ± 0.1 mm, 내경 42 ± 0.1 mm, 외경 43 ± 0.1 mm으로 동일하다. 따라서 육안으로 구분하기 매우 어려운 상태이다. 그러나 Fig. 1(c)와 (d)를 자세히 관찰할 경우 제품의 한쪽 모서리에 약 1mm 이하의 돌출부가 존재하는 제품(모델B)과 그렇지 않는 제품(모델A)으로 구분할 수 있다.



Fig. 1 Magnetic switch case for starter motor A model ((a), (c)) and B model ((b), (d)) appearance photos

본 연구에서는 두 케이스의 구분을 위하여 검사 지그를 설계하였으며 돌출부의 존재 유무에 따라 센서의 값들이 변화할 것이고 이 변화 값들을 검출하여 유사한 두 개의 모델을 구분하도록 하였다.

2.2 검사 지그의 설계

모델 A 및 B의 외형적인 모형도는 Fig. 2(a), (b)와 같다. 앞에서 언급한 것과 같이 두 모델에서 외형적인 차이점은 돌출부(Fig. 1(d) 및 Fig. 2 (b))의 존재 유무이다. 돌출부의 크기는 높이 4.09 mm, 넓이 4.58 mm, 돌출 깊이 0.90 mm이다. 따

라서 검사 지그는 조립 라인의 구조상 돌출 깊이를 이용하는 것으로 설계 하였다.

안착되는 케이스의 위치를 중심으로 잡기 위하여 지그 아랫부분에는 작은 원기둥(2 mm × 22 ± 0.1 mm)이 들어갈 수 있게 Fig. 2(c)와 같이 직경 23 mm, 깊이 2 mm의 원형 홈이 있다. 또한 모델 B에 있는 돌출부의 방향이 센서 방향으로 향할 수 있도록 돌출부의 크기에 맞게 가이드 홈이 파여져 있었다.

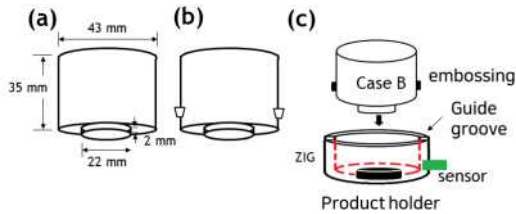


Fig. 2 (a), (b) Shape and size of magnetic switch case A and B (c) Jig model of inspection equipment for gate classification

본 연구에서 돌출부의 검출을 위하여 비전센서를 고려할 수 있으나 경제적인 관점 및 시스템 구성 요구 사항(기술적 난이도) 등을 고려할 때 보다 간단하고 취급이 쉬운 센서를 활용하는 것이 유리하다. 주파수발전형, 정전용량형, 자기형, 광진형, 초음파형 등과 같은 근접센서를 활용하여도 충분히 요구사항을 만족시킬 수 있다. 그러나 돌출부의 사이즈를 고려하여 고정밀의 다이얼 게이지와 유도형 근접센서(PRT10-4DO)를 활용할 필요가 있다. 본 연구에서는 두 센서를 사용하여 비교하였다.

다이얼게이지는 측정자의 직선 또는 원호운동을 기계적으로 확대해서 그 움직임을 원형 눈금판에 표시하는 거리 측정기이다. 다이얼게이지는 보조공구가 없이는 측정이 불가능하며 측정대나 치공구에 부착하여 신속 정확하게 각종 길이 측정이 가능하다.

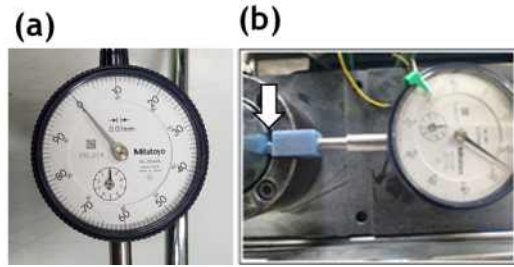


Fig. 3 Distance measurement by dial gauge

본 연구에서 사용된 다이얼게이지는 Mitoyo 2046S 제품으로 0.01 mm 단위를 읽을 수 있는 게이지이다. 제품의 외형은 Fig. 3(a)와 같다. 작은 눈금이 첫 번째 숫자의 단위를 표시하고 긴 바늘에 표시된 한 눈금이 0.01 mm이며 1회전하면 1 mm의 값이 된다. 따라서 0.01 mm의 단위까지 측정할 수 있다. Fig. 3(b)는 설계된 지그에 다이얼 게이지를 설치한 상태이며 화살표 부분에서 모델 B의 돌출부와 다이얼게이지의 검출부분이 접촉되어 돌출부의 유무 및 돌출 깊이를 측정한다.

유도형 근접센서는 금속 물체를 비접촉 상태에서 감지하므로 제품에 대한 손상이 없으며 내구성과 신뢰성이 타 센서에 비하여 높은 편이다. 또한 높은 스위칭 주파수 및 긴 수명 등이 장점이다. 본 연구에서 사용된 유도형 근접센서는 PRT10-4DO이다. 유도형 근접센서의 거리 측정 방법은 다이얼 게이지에 의한 거리 측정 방법과 상이하기에 제품 케이스와 센서와의 설치 방법에 대하여도 다르게 설계 되었다. 즉 유도형 근접센서의 경우 다이얼 게이지와 같이 제품부가 센서 검출부와 직접적인 접촉이 있으면 검사가 불가능하므로 다음과 같이 지그 시스템이 설계 되었다.

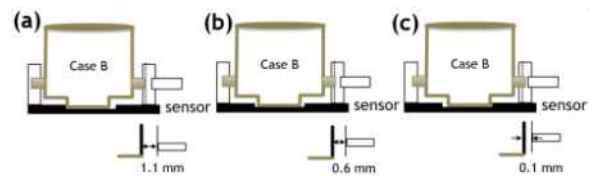


Fig. 4 The relationship between the location of case model B and the sensor in the inspection jig

마그네틱 스위치 케이스가 Fig. 4(a)와 같이 완전히 왼쪽으로 치우치게 되는 경우 케이스와 센서와의 거리는 1 mm가 늘어나고 반대로 Fig. 4(c)와 같이 오른쪽으로 완전히 치우치는 경우 센서와의 거리는 1 mm 줄어들게 된다. 만약 Fig. 3(b)와 같이 마그네틱 스위치 케이스가 지그의 중심에 놓이고 케이스와 센서와의 거리가 0.6 mm로 설계된다면 Fig. 4(a)의 경우 센서와의 거리는 1.1 mm가 된다. 또한 Fig. 4(c)의 경우에는 0.1 mm가 된다. 한편 케이스 아랫부분의 원기둥의 직경이 22 ± 0.1 mm인 점과 돌출부의 돌출 깊이가 0.9 mm인 점을 고려하였을 때 최소단위 0.01 mm 단위로 측정이 가능한 거리 센서를 사용하여야 한다. 따라서 본 연구에서 사용하고자 하는 두 센서는 시스템 설계에 적합함을 알 수 있다.

3. 실험과 고찰

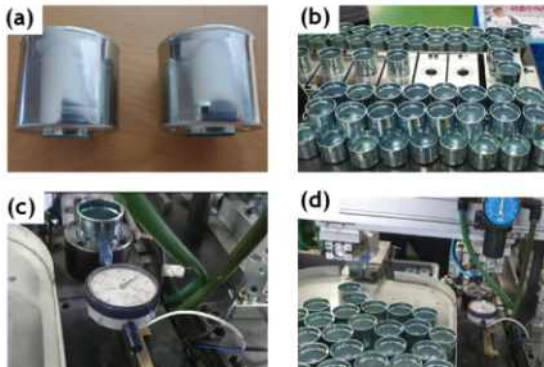


Fig. 5 Product inspection and classification process by designed jig

제품의 조립 과정은 Fig. 5와 같다. Fig. 5(a)와 같이 먼저 바닥 덮개가 없는 외형 케이스가 조립 라인으로 들어오면 Fig. 5(b)의 과정에서 바닥의 부품을 케이스 안으로 삽입하여 밀착을 시킨다. 조립이 완료된 케이스는 Fig. 5(c)와 같이 검사 지그 위로 이송을 하게 되고 다이얼게이지 혹은 근접센서에 의하여 돌출부와 센서간의 거리를 측정하게 된다. Fig. 5(d)는 모델 A와 모델 B로 분류된 상태를 나타낸다.

Fig. 6은 모델 B 제품(돌출부가 있는 제품)에

대한 돌출부와 센서와의 거리를 측정한 결과 값이다. 총 20개의 제품에 대하여 측정하였고, 10개는 다이얼게이지, 나머지 10개는 유도형 근접센서를 지그에 설치하여 측정하였다. Fig. 6에서 볼 수 있듯이 다이얼게이지에 의해 측정된 값들은 큰 변화폭을 보이고 있다. 최대 0.52 mm, 최소 0.12 mm의 값이 나타났다. 반면 유도형 근접센서에 의해 측정된 결과는 다소 안정된 변화 값을 보이고 있다.

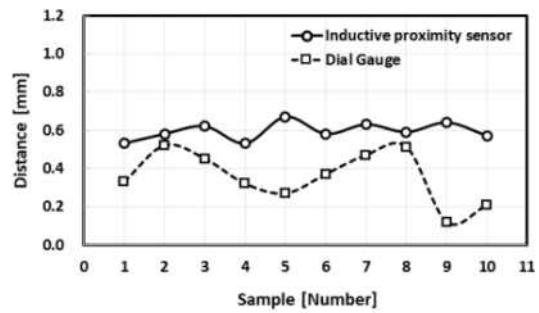


Fig. 6 Distance to the product measured by each sensor in the designed jig

다이얼게이지에 의해 측정된 값들이 큰 변동폭을 가지는 이유는 측정 방식에 있는 것으로 판단된다. 즉 제품이 검사 장비에 안착될 때 다이얼게이지의 측정부분과 접촉이 되면서 측정대를 밀게 된다. 따라서 측정 방식의 기구적인 문제로 인하여 큰 변화폭을 일으킬 수 있다.

Fig. 5에 보인 것처럼 검사 라인으로 모델 A와 모델 B가 이송이 되면 센서에 의하여 돌출부와와의 거리를 측정하게 된다. 측정 결과 일정 거리 이상이 되면 모델A(돌출부 없음)로 판정이고 설정된 거리 이하의 값으로 감지 될 때는 모델 B(돌출부 있음)로 판정이 되어 다음 생산 조립에 반영이 된다. 이로 인하여 제품 분류 오류에 의해 발생할 수 있는 불량률이 크게 감소할 수 있었다. 전체 불량률 중 제품 분류 오류에 의한 불량률이 7.32%였으나 설계된 시스템을 적용한 후 분류 오류에 의한 불량률은 발생하지 않았다.

4. 결론

본 연구에서는 다이얼게이지와 유도형 근접센서 각각을 활용하여 크기와 모양이 동일한 두 종류의 스타터 모터용 마그네틱 스위치 케이스 제품을 분류하는 지그와 검사 시스템을 설계하였다. 비록 크기와 모양이 동일하지만 두 제품 중 하나의 제품에 대하여 돌출부가 존재하므로 이를 이용한 제품 분류 방식을 사용하였다. 돌출부의 깊이가 약 0.9 mm 정도이며 이를 각각의 센서에 의해 측정하였으며 그 값들을 비교하였다. 그 결과 두 센서 모두 현장 설치 결과 제품 분류에 문제없음을 확인할 수 있었다. 특히 유도형 근접센서를 활용한 경우 측정값들의 변동 폭이 매우 안정적으로 나타났다.

Acknowledgement

본 연구는 자동차 부품을 생산하는 D사의 현장에 직접 설치하여 진행되었음. 이를 위해 협조해 준 D사의 품질 관리 담당자와 실험을 보조해 준 김진교학생에게 감사를 표함.

References

- Alejandro Magaña, Silvia Gebel, Philipp Bauer, and Gunther Reinhart (2020), Knowledge-Based Service-Oriented System for the Automated Programming of Robot-Based Inspection Systems, 2015 IEEE 20th Conference on Emerging Technologies & Factory Automation (ETF), Sept. 8-11, pp. 1511-1518
- Baotong Chen, Jiafu Wan, Lei Shu, Peng Li, Mithun Mukherjee, and Boxing Yin (2018), Smart Factory of Industry 4.0: Key Technologies, Application Case, and Challenges, IEEE Access, 6, 6505-6519
- Christian Brecher, Simon Storms, Christian Ecker, and Markus Obdenbusch, (2016) An Approach to Reduce Commissioning and Ramp-up time for Multi-variant Production in Automated Production Facilities, Procedia CIRP, Vol. 51, 128-133
- Elias N. Malamas, Euripides G.M. Petrakis, and Michalis Zervakis, (2017), Industrial robotics in factory automation: From the early stage to the Internet of Things, IECON 2017 - 43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 29 Oct.-1 Nov. 2017, Beijing, China, 1-38
- Fatmir Azemi, Goran Šimunović, Roberto Lujčić, Daniel Tokody, and Zoltan Rajnai (2019) The Use of Advanced Manufacturing Technology to Reduce Product Cost, Vol. 16,(7) 115-131
- Hamed Fazlollahtabar and Mostafa Zandieh (2010), Cost optimization in an AGV-based automated manufacturing system associated with product inspection and machine reliability, 2010 Second International Conference on Engineering System Management and Applications
- Julian Rüb and Hanna Bahemia (2019) A Review of the Literature on Smart Factory Implementation, 2019 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)
- Mariagrazia Dotoli, Alexander Fay, Marek Miśkiewicz & Carla Seatzu, (2018) An overview of current technologies and emerging trends in factory automation, International Journal of Production Research, 57(15), 5047-5067
- Piotr Barosz, Grzegorz Gołda, and Adrian Kampa, (2020), Efficiency Analysis of Manufacturing Line with Industrial Robots and Human Operators, Applied Sciences, <http://doi:10.3390/app10082862>
- Woo Kyun Jung, Dong Ryul Kim, Hyunsu Lee, Tae Hun Lee, Insoon Yang, Byeng D. Youn, Daniel Zontar, Matthias Brockmann, Christian Brecher, and Sung Hoon Ahn, (2021), Appropriate Smart Factory for

Development of inspection system for classification of magnetic switch case products

SMEs: Concept, Application and Perspective,
International Journal of Precision
Engineering and Manufacturing (2021) 22,
201 - 215



류 정 탁 (Jeong Tak Ryu)

- 정회원
- 1999년 : 오사카대학교 전자공학과 공학박사
- 2000년 3월 ~ 현재 : 대구대학교 전자전기공학부 교수
- 관심분야 : 나노 및 센서