

논문 2011-48IE-1-3

# 비전 검사기를 활용한 T형 용접너트 자동 선별시스템 개발

(Development of Auto Sorting System for T Type Welding nut using  
A Vision Inspector)

송 한 림\*, 허 태 원\*\*

(Han-Lim Song and Tae-Won Hur)

## 요 약

본 논문에서는 트림 T형 용접너트 생산 시스템 중 불량품을 자동으로 선별할 수 있는 자동 선별기를 비전 검사기를 사용하여 개발하였다. 카메라로부터 입력되는 영상 신호에 대해 히스토그램을 활용한 경계 판별 및 나사산 검출, 이진 모폴로지 연산(Binary morphology operation)을 활용한 얼룩 검출 등의 기법을 활용하였다. 기존의 검사기나 육안 검사에서 불가능하였던 수치 검사를 0.1mm의 정밀도로 검사할 수 있도록 하였으며, 이를 통해 제조단가를 25% 절감하고 생산성을 330% 이상 향상시킬 수 있었다.

## Abstract

In this paper, we developed a auto sorting system for T type welding nut using a vision inspector. We used edge and thread detection with histogram of image which is captured by machine vision camera. We also used a binary morphology operation for a detection of spot. As a result we performed numeric inspection of 0.1mm accuracy. This is impossible in old sorting system and inspector with naked eye. Also, we reduced the manufacturing unit cost to 25% and improved a production efficiency to 330%.

**Keywords :** 비전 검사기, Vision inspector, 자동 선별기, Auto sorting system, T형 용접너트

## I. 서 론

비전 검사기는 회로보드(PCB), 엔진 밸브, 미세탐침, 지그플레이트 등의 불량 검사시스템 뿐만 아니라, LCD 나 PDP 등의 얼룩, 휘도 등의 평판 디스플레이의 결함을 검사하는 장비에서부터 메모리 모듈의 외관, 휴대폰 케이스를 검사하여 양품과 불량을 판단하는 등 다양한 분야에서 응용되고 있다<sup>[1~5]</sup>. 현대의 제조공정에 있어,

제품과 제품 조립에 필요한 부품을 생산하는 생산시스템은 부분적으로 컴퓨터를 이용한 자동화가 상당히 진행되었다. 생산시스템 중 어떤 부분은 쉽게 자동화할 수 있는 반면, 수동으로 운영될 수밖에 없는 부분도 있다.<sup>[6]</sup> 특히, 생산된 부품의 불량 여부를 판별하는 생산 시스템에 있어, 사람의 시각에 의한 판별 시스템은 수동으로 운영되어 왔으며, 이를 자동화하고자 하는 다양한 시도가 있어 왔다. 또한, 연간 만에서 백만 단위 이상의 대량생산에 있어서는 고속의 검사 장비를 요구하고 있다.

트림 T형 용접너트는 자동차의 다양한 새시부에 압접되어 각종 구조물을 지탱하는 역할을 수행하는 중요한 강도부품이다. 트림 T형 용접너트 생산 공정은 전체 5공정(단조→프레스→드릴링→탐핑→검사/포장)으로 이루어진다. 또한, 용접너트 특성상 불량품이 발견되면 해

\* 정회원, 안산공과대학 기계설계과  
(Dept. of Mechanical Design, Ansan College of Technology)

\*\* 정회원-교신저자, 안산공과대학 멀티미디어콘텐츠과  
(Dept. of Multimedia Contents, Ansan College of Technology)

※ 이 논문은 2009학년도 안산공과대학 학술연구비에 의하여 연구된 것임

접수일자: 2010년10월25일, 수정완료일: 2011년2월21일

당 단품, 용접된 조립품 및 완성차까지 다시 선별하거나 폐기해야 하기 때문에 전수검사를 실시해야 한다. 따라서 공정관리 및 품질관리가 대단히 곤란한 부품이며, 전수검사를 실시했다 하더라도 출하 후 불량품이 발견되는 경우, 치명적인 결함이 될 수 있다.

생산설비를 효과적으로 운영하기 위해서, 공정과 장비의 설계, 생산 계획 및 통제도 중요하지만, 요구되는 제품의 품질을 만족시키기 위해 자동화 할 수 있는 부분을 자동화하고, 고속화하는 것은 컴퓨터 통합 생산(Computer Integrated Management)에 있어서 중요한 부분이다<sup>16)</sup>.

비전시스템을 이용한 볼트 자동 검사 시스템은 실용화 단계에 있으나 너트 자동 검사기의 경우 내부 검사에 대한 기술상의 어려움, 저속의 Cycle Time, 고가의 장비라는 복합적인 이유로 실용화에 어려움을 겪고 있는 실정이다.

이에 본 논문에서는 트림 T형 용접너트 생산시스템 중 불량품을 자동으로 선별할 수 있는 자동 선별기를 개발하여 생산 공정에 적용하여 품질 관리의 효율성을 높일 수 있는 시스템을 개발하였다.

이를 통해 생산 제조원가를 25% 낮출 수 있었으며, 육안 검사에서 발생할 수 있는 오류를 줄여 품질 향상을 추구할 수 있었다.

## II. 본 론

### 1. T형 용접너트 비전 검사 시스템

T형 용접너트 생산 공정 중 제품의 선별 및 포장 공정은 생산된 제품의 불량품 선별검사 및 분류, 포장하는 공정이다. 선별작업은 현재까지 검사원의 눈과 손에 의해 수행되어 왔는데, 대부분의 검사 및 측정 작업은 개인의 피로도나 숙련도에 따라 속도 또는 오류의 편차가 크고, 실시간 검사 및 전수 검사가 곤란하다는 문제점이 있다.

본 논문에서는 이와 같은 문제점을 극복하고자 T형 용접너트의 불량 검사를 수행할 수 있는 비전 검사기를 개발 제작하였다. 그림 1은 개발된 T형 용접너트의 비전선별 검사 공정을 도시한 것이다. 비전선별 검사 공정순서는 다음과 같다.

① 호퍼에 저장된 T형 용접너트가 엘리베이터 이송기에 의해 볼 피더로 이송된다. 볼피더 내의 T형 용접

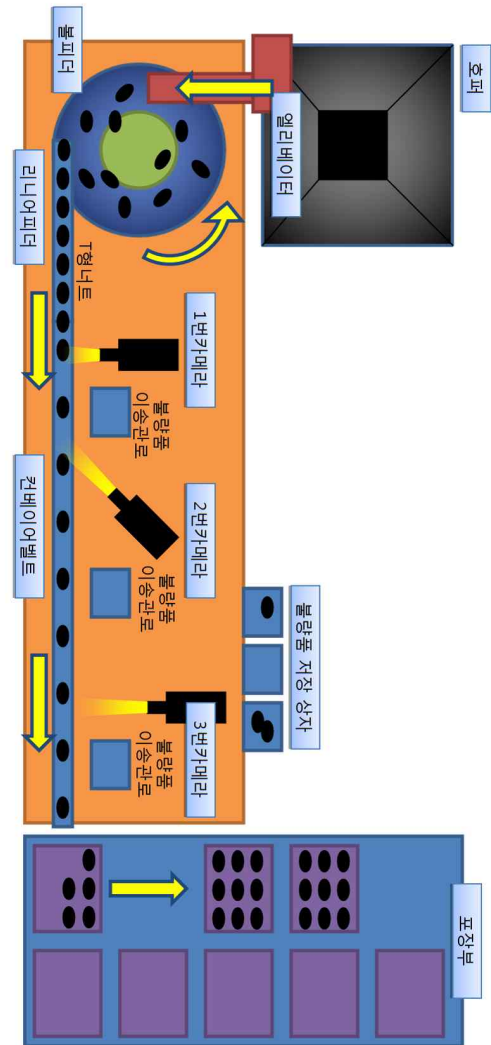


그림 1. T형 용접너트의 비전 검사기 공정  
Fig. 1. Process of T type welding nut vision inspector.

너트는 바이브레이터에 의해 레일을 따라 이송하며 일정한 방향과 위치로 정렬된다.

- ② 정렬된 T형 용접너트는 리니어 피더로 이송되며 여기에 위치한 근접센서에 의해 엘리베이터 이송기와 볼 피더에서 T형 용접너트 공급량 속도조절이 이루어지고 컨베이어 벨트까지 차레로 T형 용접너트가 이송된다.
- ③ 리니어 피더 중단에는 공압 실린더로 동작되는 순차 공급기가 있으며 순차 공급기는 컨베이어 벨트 위로 T형 용접너트가 일정 간격 이송될 수 있도록 지정된 시간 간격으로 T형 용접너트를 하나씩 내보내는 기

능을 한다.

④ 컨베이어 벨트 위에는 각각 3개의 근접 위치감지센서, 머신 비전 카메라, LED 조명기, 불량품 이송관로, 에어건(air gun)을 설치했다. 각각의 근접 위치감지센서는 이송되는 T형 용접너트를 감지하여 머신 비전 카메라를 동작시키며 이때 3대의 카메라마다 지정된 상부, 나사산 및 측면부의 불량여부 선별 작업을 수행한다. 만약에 불량 사항을 검출하게 되면 에어건을 동작시켜 컨베이어 벨트 위의 불량 T형 용접너트를 불량품 이송관로로 떨어뜨려 분류 저장된다.

⑤ 이상이 없는 양품 제품의 경우는 컨베이어 종단에 위치한 포장부로 이송된다. 포장부에서는 지정된 개수 단위로 포장된다.

그림 2는 본 논문에서 개발한 비전 검사기의 각 카메라와 사용한 조명의 구조를 나타낸 것이다. (a)는 T형 용접 너트의 상부 영상 캡처를 위한 카메라의 배치와 사용된 조명의 배치를 나타낸 것이다. 상부영상에 대해서는 Ring Type의 LED 조명을 사용하였다. (b)는 나사산 영상 캡처를 위한 구조이며 나사산의 굴곡에 의해 생기는 밝기의 차이를 활용하기 위하여 카메라를 기울여서 배치하였다. (c)는 너트의 측면 영상 캡처를 위한

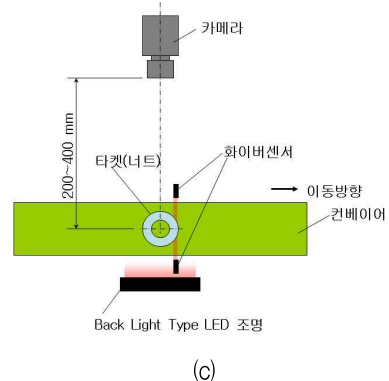


그림 2. T형 용접너트의 비전 검사기의 카메라 와 조명 (a) 1번 카메라 (b) 2번 카메라 (c) 3번 카메라  
Fig. 2. Camera and Lighting of T type welding nut vision inspector (a) No. 1 camera (b) No. 2 camera (c) No. 3 camera.

카메라와 조명의 배치를 나타낸 것으로 Back Light Type의 LED 조명을 사용하여 조명에 의한 그림자 영향을 캡처할 수 있도록 하였다.

## 2. T형 용접너트 비전 검사 소프트웨어

### 가. 사용자 인터페이스

머신 비전 카메라로부터 캡처된 영상으로부터 필요한 측정치를 획득하기 위하여 비전 분석 알고리즘의 다양한 측정 기술 및 소프트웨어를 활용할 수 있다. 본 논문에서는 Microsoft 사의 Visual C++를 이용하여 T형 용접너트 비전 검사 소프트웨어를 개발하였다. 그림 3은 개발된 T형 용접 너트 비전 검사 소프트웨어의 사

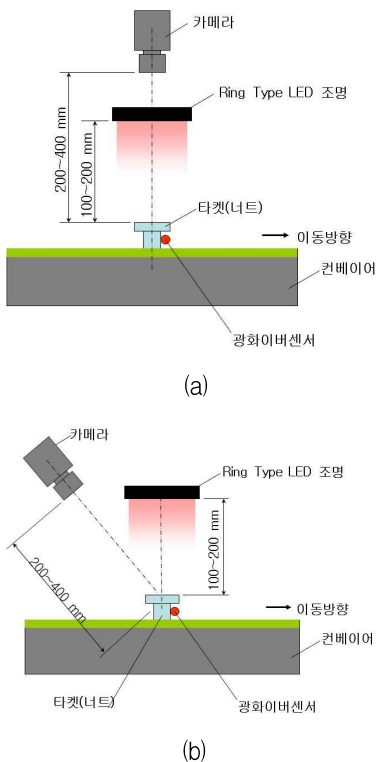


그림 3. T형 용접너트의 비전 검사기의 사용자 인터페이스  
Fig. 3 User interface of T type welding nut vision inspector.

용자 인터페이스로 다음의 4 부분으로 구성된다.

- ① 상부 영상 및 검사 결과 표시 창 (좌 상단)
- ② 나사산 영상 및 검사 결과 표시 창 (우 상단)
- ③ 측면 영상 및 검사 결과 표시 창(좌 하단)
- ④ 검사 카운터, 검측 합계 및 환경 설정 창 (우 하단)

나. 측정항목 및 방법

(1) T형 용접너트의 상부의 측정 항목

그림 4에 T형 용접너트의 상부 측정 항목에 대해 나타내었으며, (a)에서는 검사 항의 치수 검사 항목으로는 폭 길이, 홀 내경, 엠보 직경 및 엠보의 중심위치 등 4 가지 항목을 검사한다. 1번 카메라에서 캡처되어 각도 보정된 그레이 톤 영상의 라인 프로필(Line Profile)로부터 용접너트의 경계 부분을 검출한다. 라인 프로필은 라인에 따른 휘도 값의 변화를 나타낸다. 검출된 경계 부분의 거리를 구하기 위하여 경계 부분 사이의 화소수를 측정하였다. 측정된 화소수를 실제 측정 단위로 변환하여 활용하였다. 이를 위해 가로, 세로 각각 10mm×10mm 크기의 기준 물체에 대해서, 단위 화소의 가로크기( $V_{ps}$ )와 세로크기( $H_{ps}$ )를 다음 식(1)로 계산하였다.

$$V_{ps} = \frac{10}{V_{pn}} \quad [mm/pixel]$$

$$H_{ps} = \frac{10}{H_{pn}} \quad [mm/pixel]$$

(1)

여기서,  $V_{ps}, H_{ps}$ 는 단위화소에 대한 실제 가로, 세로의 크기이며  $V_{pn}, H_{pn}$ 는 기준 물체에 대해 측정시 가로, 세로의 화소수 이다.

실측치는 검출된 경계선 사이의 화소수를 측정하여 다음의 식(2)에 의해 실제 길이로 변환하여 계산된다.

$$V_{rs} = N_v \times V_{ps} \quad [mm]$$

$$H_{rs} = N_h \times H_{ps} \quad [mm]$$

(2)

여기서,  $V_{rs}, H_{rs}$ 는 가로 및 세로 실측치를 나타내며,  $N_v, N_h$ 는 측정코자 하는 물체에 대한 가로 및 세로 화소수를 나타낸다.

그림 4-(b)처럼 T형 용접너트는 제조 공정 중 상부에 눌림 자국이 발생할 수 있는데, 위치별로 상부 눌린 자국과 홀 주변 자국으로 나누어 검사를 수행한다. 그

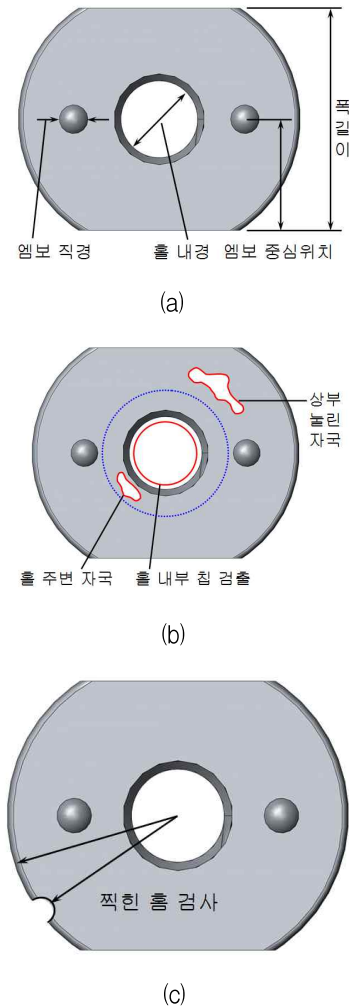


그림 4. T형 용접너트의 검사항목(상부)  
 (a) 치수 및 위치 (b) 자국 및 칩 (c) 찍힌 흠  
 Fig. 4. Inspection factor of T type welding nut (Top).  
 (a) size and position (b) mark and chip (c) scars

리고 탭 가공 시 칩이 홀 내부에 남아 있을 때 이를 검출하도록 하였다. 이러한 과정은 카메라로부터 획득된 영상을 2진 처리하고 이진 모폴로지 연산<sup>[7-8]</sup>(Binary morphological operation)을 적용하였다. 이진 모폴로지 연산의 opening 연산을 수행하여 영상 내 잡음 제거 및 검출해야 할 눌린 자국과 홀 주변 자국의 외곽선을 부드럽게 만들어 주고, 가늘게 도출된 부위를 제거하도록 하였다. opening 연산은 침식(erosion) 연산 후에 팽창(dilation) 연산을 수행하면 된다.

T형 용접너트의 상부 검사 항목 중 마지막으로 그림 4-(c)에서처럼 T형 용접너트 상부 테두리면의 찍힌 자국에 대한 검사 항목이다. 테두리가 찍힌 자국은 테두리의 반경을 측정하여 내경의 변화를 측정하여 찍힌 흠의 유무를 판별한다.

(2) T형 용접너트의 내부의 측정 항목

T형 용접너트의 제조 공정 중 탭 가공을 통한 나사산이 생성된다. 탭 가공이 누락된 제품에 의해 나사산이 없는 너트가 발생될 수 있다. 이를 검출하기 위하여 나사산 개수를 검사한다. 나사산의 검사 방식은 나사홀 상부에서 LED 조명을 비추고 45도 정도 기울어진 머신비전 카메라로부터 나사산의 영상을 획득하면 나사산의 그림자에 의해 밝은 부분과 어두운 부분으로 구성된 여러 개의 음영 띠 줄이 형성된다. 이진화된 음영 띠 줄 영상으로부터 관심영역의 화소 값이 변화된 수를 이용하여 경계선의 개수를 측정한다. 그림 5는 나사산의 개수를 측정을 위한 검사 항목을 나타낸다.

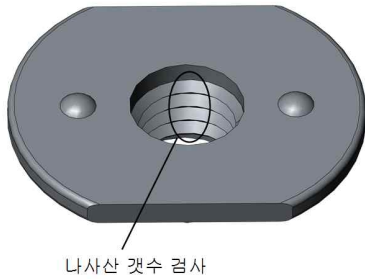


그림 5. T형 용접너트의 검사항목(사면)  
Fig. 5. Inspection factor of T type welding nut (Slant).

(3) T형 용접너트의 측면부의 측정 항목

측면부 검사는 너트의 측면부에 평판 LED 조명을 설치하고 조명과 마주보는 위치의 반대편에 머신비전 카메라를 설치하여 이루어진다. 측면부 영상에서 평판 조명의 밝은 색과 너트와의 대조되는 경계면을 추출할 수 있으며, 이를 이용해 몇 가지 길이 측정이 이루어진다. 여기서는 너트의 아랫면 높이, 윗면 높이 그리고 외경의 치수 항목을 측정한다. 그림 6은 3번 카메라로부터 획득되는 영상으로부터 측정되는 각 검사항목을 나타낸다.



그림 6. T형 용접너트의 검사항목(측면)  
Fig. 6. Inspection factor of T type welding nut (Side).

다. 비전 검사 프로그램

그림 7은 비전 검사 프로그램의 흐름도를 도시한 것이다. 비전 검사기는 다음의 흐름으로 동작한다.

비전선별 시스템의 컨베이어 벨트 위에 설치된 1번 머신비전 카메라용 너트 감지용 근접센서에 너트가 감지되면 1번 머신비전 카메라는 너트의 상부 영상을 획득하여 PC로 전송한다. PC에서는 전송된 너트의 상부 영상을 비전 알고리즘으로 분석하여 너트 상부의 폭 길이 검사 → 엠보 위치 검사 → 홀 내경 검사 → 엠보 직경 검사 → 홀 주변 자국 검사 → 칩 검출 검사 → 상부 눌림 자국 검사 → 테두리 찍힌 홈 검사 등 8가지 검사 항목을 순차적으로 진행한다. 이때 하나의 검사항목이 미리 설정된 설정 범위에서 벗어나면 결과 창에 “NG” 표시를 하고 비전선별 시스템에 불량 신호를 보낸다. 비전선별 시스템은 불량 판정 신호가 입력되면 공압 밸브를 작동시켜 에어 건에 의해 해당 너트를 불량품 분류 관로로 이송시켜 불량품 적재함으로 보내게 된다.

이어서, 비전선별 시스템의 컨베이어 벨트 위에 설치

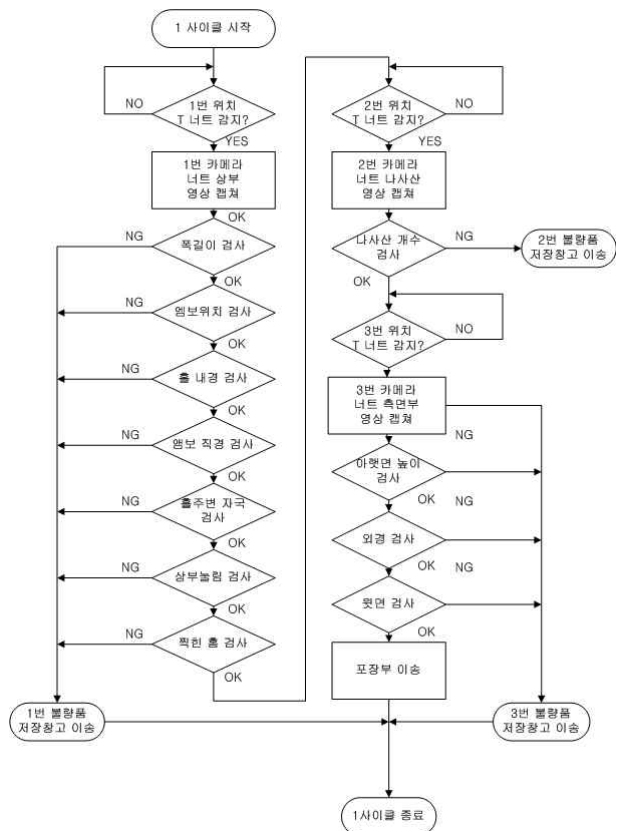


그림 7. T형 용접너트 비전 검사기의 흐름도  
Fig. 7. Flow chart of vision inspection of T type welding nut.



된 2번 머신비전 카메라용 너트 감지용 근접센서에 너트가 감지되면 2번 머신비전 카메라는 너트의 나사산 영상을 획득하여 PC로 전송한다. PC에서는 전송된 너트의 상부 영상을 비전 알고리즘으로 분석하여 너트의 나사산 개수를 측정하고, 미리 설정된 설정 범위에서 벗어나면 나사산 검사 결과 창에 “NG” 표시를 하고 비전선별 시스템에 나사산 검사 불량 신호를 보내고 2번째 에어 건으로 해당 너트를 나사산 불량품 분류 관로로 이송시킨다.

비전 선별 시스템의 컨베이어 벨트 위에 설치된 3번 머신비전 카메라용 너트 감지용 근접센서에 너트가 감지되면 3번 머신비전 카메라는 너트의 측면부 영상을 획득하여 PC로 전송한다. PC에서는 너트 측면부의 아랫면 높이 검사 → 외경 검사 → 윗면 검사 등 3가지 검사 항목을 순차적으로 진행한 후 검사항목이 미리 설정된 설정 범위에서 벗어나면 “NG” 표시를 하고 비전 선별 시스템에 측면 치수 불량 신호를 보내고 3번째 에어 건으로 불량품 관로로 이송시킨다.

라. 측정항목 설정 및 결과 표시창의 설계

그림 8은 비전 검사 프로그램의 측정 항목 설정 창 및 측정 결과 표시 창을 도시한 것이다. 그림 8-(a)는 너트 상부 치수 검사항목 설정 창으로 각 치수에 대한 최대값 및 최소값을 설정하도록 하여 검사된 값이 이 범위를 벗어나면 불량처리(NG) 된다. (b)는 너트 상부 얼룩 검사항목 설정 창으로 기준치와 현재 측정값을 함께 표시되도록 하였다. 이는 얼룩의 감도가 외부 조명의 밝기에 영향을 받기 쉽기 때문에 설치된 조명 환경에 대응하도록 현재의 얼룩 크기를 모니터링 하여 그 최대 기준치를 설정할 수 있도록 한 것이다. 우측 하단의 검정색 창은 얼룩을 Binary morphological operation 처리 하였을 시 적색으로 표시되게끔 하여 오퍼레이터가 얼룩 형상을 직접 확인할 수 있도록 한다. (c)는 너트 상부의 홈 검사항목 설정 창으로 중심에서 테두리 반경의 최대값 및 최소값을 불량하여 이 범위를 벗어나는 테두리를 가진사항목 설정 (NG) 처리한다. (d)는 너트 나사산 개수 검사항목 설정 창으로 검출된 나사산의 최대 및 최소 개수를 불량하고 이 값을 벗어나면 나사산 검사 항목이 정 (NG) 처리된다. (e)는 너트 측면부 치수검사항목 설정이다. 너트의 측면부 치수는 바닥면을 기준으로 아랫면 높이, 외경 및 윗면 높이 등 3가지 항목을 3가는데 각각의 최소값 및 최대값을 불량할 수



그림 8. 측정 항목 설정 및 측정 결과 표시 창 (a) 너트 상부 치수 검사항목 설정 창 (b) 너트 상부 얼룩 검사항목 설정 창 (c) 너트 상부 찌힌 홈 검사항목 설정 창 (d) 너트 나사산 개수 검사항목 설정 창 (e) 너트 측면부 치수검사항목 설정 창 (f) 비전검사 결과 정보 표시 창

Fig. 8. Inspection factor setting and result display (a) size (Top) (b) mark and chip (Top) (c) scars (Top) (d) thread (e) size (Side) (f) result display.

있도록 하였다. 솟아 있는 우측 하단에는 초기값 단추가 있으며 이 단추를 누르면 모든 최소 및 최대값들이 초기 값으로 리셋 되어 오퍼레이터가 설정값 변경 시 기준 값을 잊어버렸을 때 조작이 편리하도록 하였다. (f)는 비전불량할 수 정보 표시창이다. 이 창은 프로그램 최초 로딩 시 표시되는 창으로 실제 비전 검사가 수행될 때 현재의 측정 결과에 대한 간단한 통계치를 보여준다. 홀경 검측 카운터, 나사 검출 카운터 및 높이 검측 카운터 각각 1번부터 3번까지의 카메라에서 검사된 불량품 개수가 표시되며 항궤 값을 “0”으로 리셋할 수 있도록 하였다. 또한 검측 합계 표시 상자에는 총 검사품에 대한 양품과 불량품의 개수가 그리고 그 아래에는

현재 생산되는 너트의 누적 총 검출량 및 분당 생산량을 표시하여 품질 관리에 활용할 수 있도록 하였다.

며 화면 좌측 상부에는 검출된 나사산의 개수가 함께 표시된다.

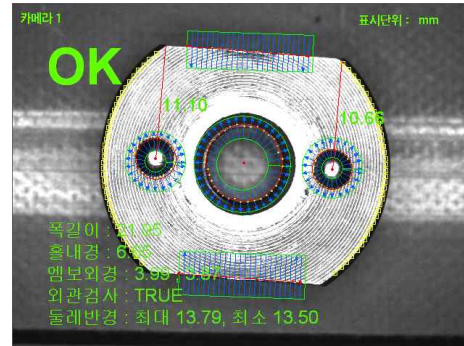
### III. 실험

T형 용접너트 비전 검사시스템을 구현하는데 사용된 렌즈, 조명, 카메라, DIO의 사양은 표 1과 같다.

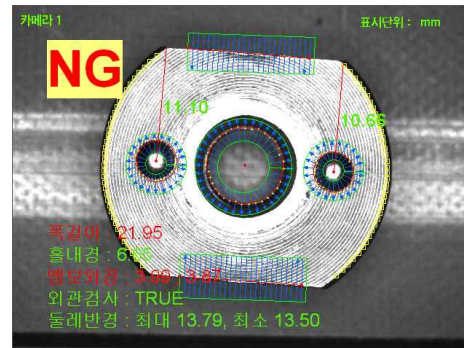
실험 결과 그림 9-(a)는 T형 용접너트의 상부면 8가지 검사항목이 모두 만족할 경우의 예이다. 좌측 상단부에 “OK”라는 녹색 문자가 표시되며, 각 측정길이가 그 아래에 함께 표시된다. (b)는 T형 용접너트의 상부면 8가지 검사항목 중에서 폭 길이와 엠보 외경이 기 설정된 기준값에서 벗어났을 때의 경우이다. 화면 좌측 상단에 “NG”라는 적색 문자가 표시되며 해당 항목 치수 또한 적색으로 표시된다. (c)는 중앙 탭홀 중앙에 칩이 잔재하였을 경우에 대한 처리 예를 보여준다. 탭홀 중앙에 적색으로 “칩검출”이라는 문자가 표시된다. (d)에서는 홀 주변에 눌림 자국이 있을 경우에 대한 검사 결과를 보여준다. 홀 주변 위치에 적색으로 “홀 주변 눌림”이라는 문자가 표시된다. (e)의 경우는 상단 눌림 자국이 있는 경우에 대한 검사 결과이다. 눌림 자국 위쪽에 청색으로 “눌림 자국”이라는 문자가 표시된다. (f)는 테두리에 찍힌 흠이 있는 경우에 대한 검사 결과이다. 테두리의 찍힌 흠 부위에 적색의 점이 표시되며 화면 하단부에 둘레반경 치수가 함께 적색으로 표시된다. 그림 10의 사면 검사 결과는 나사산 개수를 검사한 결과다. 검출된 나사산에는 녹색의 원형 마킹이 표시되

표 1. T형 용접너트 비전 검사시스템의 사양  
Table 1. Specification of a vision inspector for T type welding nut.

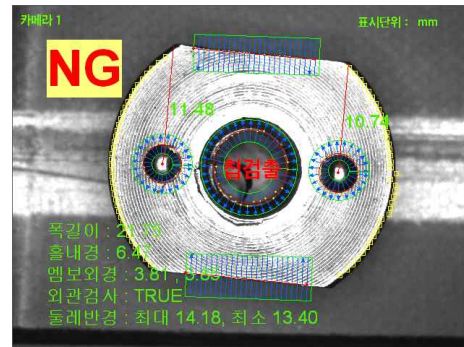
항목	사양 (참조사이트)
렌즈	25mm, F1.4 Megapixel, Computar ( <a href="http://www.computar.jp">http://www.computar.jp</a> )
조명	Ring Light (Red) 4×4 Back Light (Red) ( <a href="http://advancedillumination.com">http://advancedillumination.com</a> )
카메라	Basler scA640-70 fm, IEEE 1394b, 659, 490, 70FPS ( <a href="http://www.basler-vc.com">http://www.basler-vc.com</a> )
DIO	NI PCI-6519 Industrial 16 Source Sink DI, 16 Sink DO Bank Isolated Digital I/O Module and NI-DAQ ( <a href="http://www.ni.com/digitalio/">http://www.ni.com/digitalio/</a> )



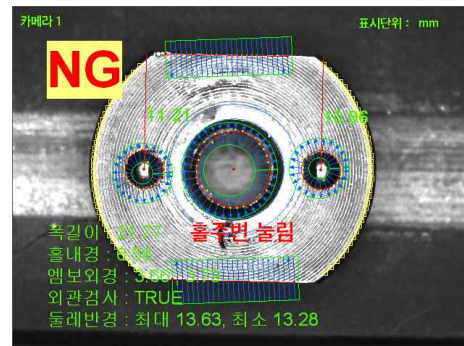
(a)



(b)



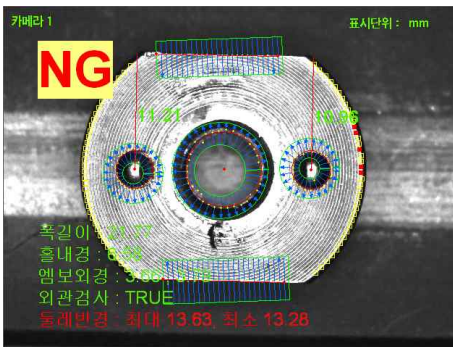
(c)



(d)



(e)



(f)

그림 9. T형 용접너트 비전 검사 결과(상부) (a) 8가지 검사항목 모두 만족 (b) 폭 길이와 엠보 외경 기준 미달 (c) 탭홀 중앙에 칩 잔재 (d) 홀 주변에 돌림 자국 존재 (e) 상부 돌림 자국 존재 (f) 테두리 흠 존재

Fig. 9. Result of vision inspection of T type welding nut (top) (a) 8 inspection factors are all satisfied (b) width or embossment diameter is not satisfied with the condition (c) chips are in the hole (d) marks are around the hole (e) marks are on the top (f) scars are on the border.

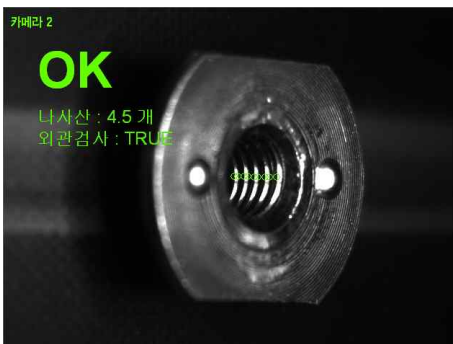


그림 10. T형 용접너트 비전 검사 결과(사면)

Fig. 10. Result of vision inspection of T type welding nut (Slant).

그림 11의 측면 검사 결과 (a)는 측면부 주요 치수검사 결과에 대해 양품인 경우에 대한 결과이다. 좌측 상

단부에 “OK”라는 녹색 문자와 함께 주요 검측된 치수가 함께 표시된다. (b)는 측면부 치수 중에서 윗면 높이가 불량인 경우에 대한 결과이다. 너트 중앙의 윗면부분의 녹색 박스 중 채워진 박스는 미리 설정된 기준값을 벗어나는 부위를 나타낸다.

표 2는 본 논문에서 개발된 비전 선별 시스템에 대해 100만 개 샘플에 대하여 시험한 측정치이다. 선별기의 검사 속도 및 선별 불량률을 측정하였다. 선별 불량률은 백 만의 샘플에 대해 양품을 불량품으로 판정되는 경우로 불량품에 대해 관능검사를 통하여 얻어진 결과이다.



(a)



(b)

그림 11. T형 용접너트 비전 검사 결과(측면)

(a) 양품 (b) 불량품

Fig. 11. Result of vision inspection of T type welding nut (Side) (a) good unit (b) defective unit.

표 2. T형 용접너트 생산성능 및 비전 검사 성능 결과

Table 2. Performance of a vision inspector of auto sorting system for T type welding nut.

항목	성능
생산성	9,852 [EA/hour]
검사 속도	0.45 [sec/EA]
선별 불량률	18 [ppm]
제조 단가	25% 개선



#### IV. 결 론

본 논문에서는 T형 용접너트의 불량 제품 선별을 위한 검사 공정의 자동화를 위하여 Tack Time 0.45[sec/EA] 인 비전 자동 선별기를 개발하였다. 자동 선별기는 3대의 머신 비전 카메라를 이용하여 제품의 상부, 측면, 그리고 나사산 검사를 수행하여 기존의 전수 검사 및 육안 검사에서 불가능했던 치수 검사에 대하여 0.1mm의 정밀도로 검사할 수 있었다.

실제 생산 공정에 적용한 결과 품질 관리 비용으로 10[원/EA]에서 5[원/EA]로 낮출 수 있었으며, 제조단가는 60[원/EA]에서 45[원/EA]으로 25% 절감할 수 있었다. 또한 가공 생산성은 30,000 [EA/일]에서 100,000 [EA/일]로 향상되었다.

본 논문의 결과는 자동차 트림 및 원형 T형 용접너트 형태의 자동 선별기에 활용될 수 있을 것이며, 각종 너트류 생산 설비의 자동화에 활용될 수 있을 것이다. 이는 국내 자동차 부품 산업의 기술 경쟁력 향상에 도움을 줄 수 있을 것이다. 또한 자동 선별을 통한 품질관리비 감소에 따른 제조 단가 절감은 가격 경쟁력으로 이어질 것이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] Chern-Sheng Lin, Li Wen Lue, "An Image system for fast positioning and accuracy inspection of ball grid array boards," *Microelectronics and Reliability*, Vol 41, No 1, pp. 119-128, January 2001.
- [2] W.A. Perkins, "Computer visio inspection of value spring assemblies on engine heads," in IJCAI, Vancouver, Canada, pp.1066, August 1981.
- [3] 조인성, 이지홍, 오상진, "사용자 중심의 유연한 실시간 머신비전 검사시스템 개발", *전자공학회 논문지*, 제45권 SC편 제3호, 42-29쪽, 2008년 5월.
- [4] 강수민, 한광희, 허경무, "미세 탐침의 비전 자동 검사 시스템 개발", *전자공학회 논문지*, 제45권 SC편, 제6호, 16-24쪽, 2008년 11월.
- [5] 박세혁, 한광희, 강수민, 허경무, "대비 향상을 사용한 지그 플레이트 홀 군집의 Vision 검사 방법 개발", *전자공학회 논문지* 제 46권 SC편, 제6호 14-20쪽, 2009년 11월.
- [6] 한영근 역, "생산자동화와 CIM", 시그마프레스, pp.1-10, 2005.
- [7] J. Velten, A. Kummert, "Multidimensional systems and signal processing", Kluwer

Academic Publishers, pp.211-217, 2005.

- [8] E.R.Davies, "Machine Vision : Theory, Algorithms, Practicalities(Signal Processing and its Applications)", Morgan Kaufmann, pp.233-235, 2005.

#### 저 자 소 개



송 한 림(정회원)

1993년 성균관대학교 기계공학과 학사 졸업.

1995년 성균관대학교 기계공학과 석사 졸업.

1998년 성균관대학교 기계공학과 박사 졸업.

1999년~안산공과대학 기계설계과 부교수

<주관심분야 : 로봇, 머신비전, 서보제어, 시스템 모델링>



허 태 원(정회원)-교신저자

1990년 성균관대학교 전자공학과 학사 졸업.

1993년 성균관대학교 전자공학과 석사 졸업.

1998년 성균관대학교 전자공학과 박사 졸업.

1999년~안산공과대학 멀티미디어컨텐츠과 부교수

<주관심분야 : 멀티미디어 신호처리, 영상압축, 컴퓨터 비전, 머신비전>