소형 · 대용량 Metalized Film Capacitor의 용접 오차 검출 개발

A Welding Inspection of Small-sized Metalized Film Capacitor with Large Capacity

정 원 영*, 오 춘 석 **, 유 영 기 **, 임 종 설 **, 이 서 영 **
Won Young Jeong, Choonsuk Oh, Young Kee Ryu, Jong Seul Lim, Seoyoung Lee

Abstract - In this study we'll deal with the small-sized metalized film capacitors with large capacity which head have 5mm×5mm×2.5mm dimension. The lead wire is used to weld at both sides of capacitors. At that time the position gap between the welding machine and lead wire supplier would cause the welding error. Also, during the tapping processing of metalized film capacitors, the interval error among the capacitors, the length error of lead frame attached at the capacitors, and the straightness distortion of the lead frame could happen. As mentioned, four kinds of error parameters will be measured and analyzed by using the automatic visual inspection system that is implemented with CCD camera, optical parts, background lighting, and image processing algorithms. Finally we are able to achieve success rate above 99% to detect the welding faults of capacitors in the field test.

Key Words : Inspection Algorithms, Visual System, Film Capacitor, Image Processing

1. 서론

Metalized Film Capacitor(이하 MFC)의 생산 공정 중에서 가장 핵심이 되는 공정이 Capacitor Head와 Lead Frame의 용접공정에 있다고 할 수가 있다. 즉, 이 용접공정의 용접정밀도에 따라 제품의 양·불량이 판정된다. 따라서, Capacitor Head에 Lead Frame을 용접하고 그 다음 스테이지로 바로 이송하여 용접위치정밀도를 계측하여 불량 판정된 제품을 바로 추출할 필요가 있다. 과거에는 검사원의 눈을 통해 검사를 하고 필요한 경우에 측정기를 사용하여 측정을 하였다. 그러나 자동 비전검사 시스템을 도입할 경우에 생산량을 늘리고, 생산비용을 줄일 수가 있고, 정밀한 측정이 가능하다. 본 논문에서는 MFC의 자동화 공정에 비전 검사 시스템을 도입시킴으로써 제품의 검사정보를 제공하여, 제품의 양·불량을 검사할 수 있는 시스템을 개발하게 되었다.

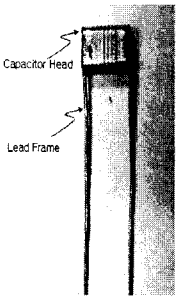


그림 1 MFC

2. 측정 시스템

2.1 측정대상과 기준

본 연구개발의 측정대상 제품은 가로, 세로 5mm에 두께가 2.5mm인 소형·대용량의 MFC이며, 이 제품은 폭이 0.5mm인 Lead Frame이 양 단자에 용접된다. 이때 Lead Frame 은 Capacitor Head의 정중앙에 위치해야 하나 Welding M/C의 기계적 정밀도 및 Lead Frame 공급 장치의 위치오차에 의해 용접위치정밀도 오차를 발생시킬 수 있다. 또한 테이핑 바와 Capacitor Head 사이의 길이 오차와 Capacitor Head 간의 간격 오차, Lead Frame 직진도에도 오차가 발생할 수 있다. 이를 위한 이 검사 시스템의 알고리즘은 Welding M/C에 CCD 카메라를 이용한 비전 모듈을 부착시킴으로써 MFC 와 Lead Frame과의 Welding 정밀도, MFC 간격 정밀도, Lead Frame 길이 정밀도와 Lead Frame의 직진도의 계측을 위한 검사 알고리즘 개발로 양, 불량 품질을 구분해낼 것이다.

2.2 시스템 구성

비전 검사 시스템은 크게 영상을 획득하는 카메라부, 획득한 영상의 데이터를 화상처리 알고리즘으로 구현할 수 있게 모니터에 출력을 해주고 다시 알고리즘을 구현해서 양·불량 판정신호를 Welding M/C 에 전송해주는 비전모듈부, 비전모듈에서 출력한 영상을 대상으로 알고리즘을 구현할 수 있는 소프트웨어부로 나눌 수가 있다.

카메라부는 크게 두 부분으로 나뉘어 지는데, 용접 검사용 카메라부와 계측 검사용 카메라부로 나뉘어 질 수가 있다. 용접 검사용 카메라부는 Welding 정밀도를 계측하는 카메라로써 Lead Frame의 직진성과 Lead Frame이 Capacitor Head의 중앙에 용접이 되어 있는가를 판별하기 위해서 영상을 획득한다. 계측 검사용 카메라부는 Frame 간격 정밀도와 Lead Frame 길이 정밀도, Lead Frame 직진도를 판별하기 위해서 영상을 획득한다.

저자 소개
* 정 원 영 : 선문대학교 정보통신공학 학생
** 오 춘 석, 유 영 기, 임 종 설, 이 서 영
: 선문대학교 정보통신공학 교수

카메라부는 CCD 카메라, 렌즈, 접사링, Back Light로 구성이 되어진다. 용접 검사용 카메라부는 CS8620 CCD를 사용하였으며, CCD 사이즈 1/2"를 사용한다. 렌즈는 MORITEX사의 ML-5018을 사용하였으며, 초점거리가 50mm이고, 접사링 2.0 ext를 사용하였다. 조명은 43×35mm 크기의 Back Light를 사용하였다. 계측 검사용 카메라부는 CS8630 CCD를 사용하였으며, CCD 사이즈 1/3"를 사용한다. 렌즈는 MORITEX사의 ML-1614을 사용하였으며, 초점거리가 16mm이고, 접사링 1.0 ext를 사용하였다. 조명은 51×51mm 크기의 Back Light를 사용하였다. 비전모듈부는 크게 모든 신호를 제어하는 머신 비전본체와 입·출력 신호를 내보낼 수 있는 Break Out Board, 획득한 영상으로 화상 처리 알고리즘을 수행하는 컴퓨터 본체, 그리고 각각의 파워로 나뉘어 진다. 소프트웨어부는 각각의 획득한 영상을 처리하는 영상처리 알고리즘이 내장되어 있다.

(그림 2) 머신비전

2.3 이미지 측정을 위한 화상 처리 알고리즘

2.3.1 크기 보정

여기에서는 오차범위가 10㎛인 정교한 에칭글라스를 사용하여 보정의 정교함을 높였다. 카메라 부분의 에칭글라스의 원의 지름과 그 사이의 거리를 앎으로써 픽셀값에 매칭되어 있는 실제값을 알 수가 있다. 매칭한 후에 픽셀당 해당하는 실제값을 구할 수가 있는 것이다.

<표 1> 에칭 글라스

단위(mm)	에칭글라스 (그림3 왼쪽)	에칭글라스 (그림3 가운데)	에칭글라스 (그림3 오른쪽)
원의 지름	1.1965	1.5005	1.9900
원사이의 거리	1.8×1.8	2.7×2.7	3.299×3.299

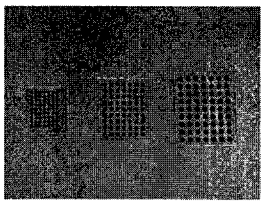
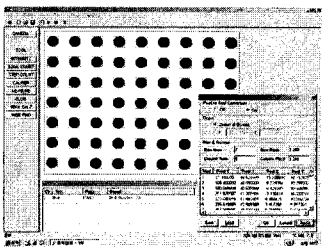


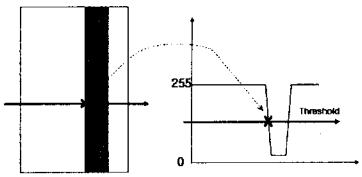
그림 3 크기 보정지그인 에칭 글라스



(그림 4) 에칭 글라스로 크기 보정을 수행한 모습

2.3.2 윤곽 검출

윤곽을 검출할 때 밝기가 심하게 바뀌는 부분을 있다. 그 부분을 점으로 잡아 윤곽점을 검출한다. 이런 연속된 윤곽점들이 모여서 윤곽선을 만들게 된다. 그림 5에서 영상의 y축만의 프로파일(이미지에서 그 위치의 밝기값을 표현)을 그려보면 이미지의 밝기값이 오른쪽 그림의 얇은 선처럼 표현이 된다. 그래프에서 임계값을 설정하게 되면 임계값과 그래프가 만나는 부분이 있다. 그 점이 윤곽점이 된다. 이런 점들을 y축으로 영역을 설정하고 스캔하게 되면 윤곽선이 나오게 된다.



(그림 5) 윤곽점 검출

2.3.3 직선의 계산

특정한 곡선의 곡률을 알기 위해서는 그 곡선에 가장 근사한 직선을 구할 필요가 있다. 직선 부분과 매칭을 시켜 직진도(Straightness)를 구한다. Linear Regression[3] 수학식을 이용해서 구하게 된다.

(그림 6) 곡선의 데이터를 가지고 직선을 계산

곡선의 n개의 데이터 $(x_1,y_1),(x_2,y_2),\ .....,(x_n,y_n)$

a는 직선의 기울기이고, b는 y절편

$\bar{y}$, $\bar{x}$ 는 y 와 x 값의 평균값

$$a=\frac{n\sum x_i y_i-\sum x_i\sum y_i}{n\sum x_i^2-(\sum x_i)^2},\quad b=\bar{y}-a\bar{x}$$

직선의 기울기와 y 절편을 구함으로써 주어진 곡선의 모든 데이터를 가지고 직선의 방정식을 구할 수 있다. 이러한 방법으로 곡선의 가장 근사하게 매칭이 된 직선을 구할 수가 있다.

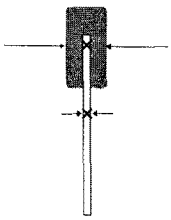
2.4 이미지 측정

2.4.1 Welding 정밀도

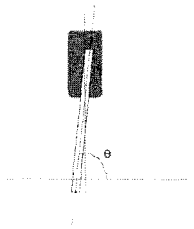
Lead Frame이 MFC의 중심에 용접되어 있는가를 알아보기 위해서 Capacitor Head의 중심과 Lead Frame의 중심을 구하고 그 위치가 일치하는가를 검사한다. 실제로는 Capacitor Head의 중심을 구한다는 것은 Capacitor Head의 중심점을 구하는 것이 아니라, 중심 직선을 구하는 것이다. Lead

Frame의 중심점에서 Capacitor Head의 중심 직선까지의 연장선의 수직 거리를 구한다.

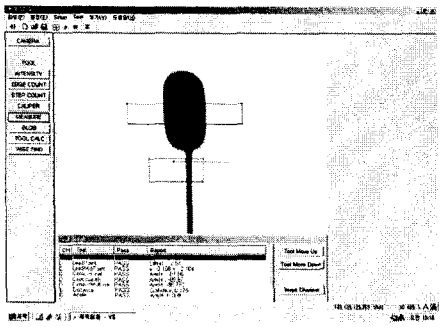
Lead Frame의 직진도를 알아보기 위해서 연장선과의 각 θ을 측정한다. Capacitor Head의 중심 직선과 Lead Frame과 평행한 직선을 구함으로써 두 직선의 기울기차를 구할 수가 있다.



(그림 7) 정상적인 Lead Frame



(그림 8) 비뚤어진 Lead Frame



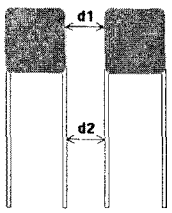
(그림 9) Welding 정밀도를 측정하기 위해 실행한 화면

2.4.2 Frame 간격 정밀도

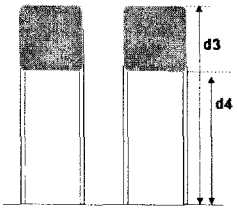
MFC의 서로의 간격이 일정한가를 알아보기 위해서 두개의 MFC의 간격 (그림 10)의 d1을 측정한다. 더불어 Lead Frame의 간격 (그림 10)의 d2도 일정한가를 측정한다.

2.4.3 Lead Frame 길이 정밀도

모든 Capacitor의 Lead Frame 길이가 일치하는가를 알아보기 위해서 (그림 11)처럼 테이핑 바에서 MFC 상단까지의 거리(d3) 와 하단까지의 거리(d4)를 측정한다. 상단과 하단의 윤곽점를 찾아낸 후 테이핑 바에 수평인 직선과의 거리를 측정한다.



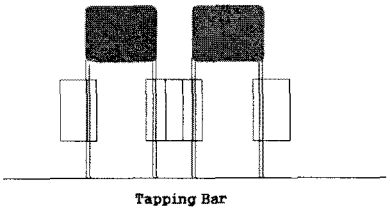
(그림 10) Frame 간격 정밀도



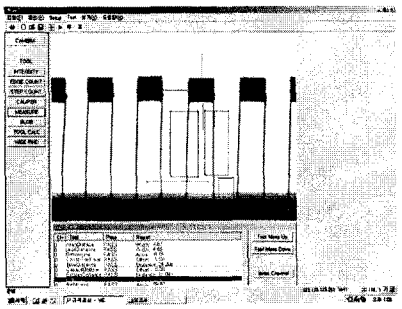
(그림 11) Lead Frame 길이 정밀도

2.4.4 Lead Frame 직진도

Lead Frame의 직진도를 알기 위해서 (그림 12)처럼 두 개의 Lead Frame의 직진도를 검사한다. (그림 13)에서 각각의 Lead Frame의 윤곽점을 찾아내어 그 직선의 직진도를 알아볼 수가 있다.



(그림 12) Lead Frame 직진도



(그림 13) 두 번째 카메라에서 Frame 간격 정밀도, Frame 길이 정밀도와 Lead 직진도를 측정하기 위해 실행한 화면

3. 결론

Welding 정밀도에서 Capacitor Head와 Lead Frame간의 거리를 0.2mm이하로, 직진도를 0.1° 이하로 설정을 하여 양·불량을 선별했으며, 측정결과 처리 과정에서 불량 MFC를 선별할 수 있는 정확도가 99%를 보였다. Welding 간격 정밀도에서는 각각의 거리 오차를 0.5mm를 기준으로 양·불량을 선별하였다. 이것 역시 정확도는 99%로 정밀하게 양·불량의 MFC를 선별하였다. 최종적으로 Welding M/C의 주입부를 통과한 MFC가 최종과정인 테이핑 부까지의 두 대의 검사 카메라를 통과하면서 나온 정확도는 99%기록했다.

본 논문에서 구한 오차 범위는 작업장의 환경에 따라 변하는 것이며, 조명 장치에 따라서 달라질 수 있다. 최대한의 오차 범위를 줄이기 위해서 알고리즘 개발을 앞으로 더 고찰해야 되겠다.

참 고 문 헌

[1]노경환, 김충원 "퓨즈 클립 자동 검사 시스템" 한국정보처리학회 제9회 춘계학술발표대회. CD-ROM 버전. 1998.

[2]오춘석, 이현민 "볼트 결함 판별을 위한 고속 정밀 검사 장치 개발" 정보처리학회논문지 B 제 10-B권 제 3호, pp.305-310, 2003.

[3]Ioannis Pitas, *Digital Image Processing Algorithms*, Prentice Hall, New York, pp.239-253, 1993.