

공압을 이용한 COF 필름의 실시간 위치 평탄도 측정 시스템 개발

김용관*, 김재현**, 이인환***,#

*(주)강한이노시스, **ASML, ***충북대학교 기계공학부

Development of Real-time Flatness Measurement System of COF Film using Pneumatic Pressure

Yong-Kwan Kim*, JaeHyun Kim**, InHwan Lee***,#

*Ganghan Innosys, **ASML, ***School of Mechanical Engineering, Chungbuk Nat'l UNIV.

(Received 11 November 2020; received in revised form 07 December 2020; accepted 15 December 2020)

ABSTRACT

In this paper, an inspection system has been developed where pneumatic instruments are used to stretch the film using compressed air, thus the curl problem can be overcome. When the pneumatic system is applied, a line scan camera should be used instead of an area camera because the COF surface makes an arc by the air pressure. The distance between the COF and the inspection camera should be kept constant to get a clear image, thus the position of COF is to be monitored on real-time. An operating software has been also developed which is switching on/off the pneumatic system, determining the COF position using a camera vision, displaying the contour of the COF side view, sending self-diagnosis result and etc. The developed system has been examined using the actual roll of COF, which convince that the system can be an effective device to inspect the COF rolls in process.

Key Words : COF(Chip on film), Depth of Field(심도), Field of View(시야각), Flatness(평탄도), Working Distance(렌즈 작업 거리)

1. 서 론

디스플레이 산업의 급속한 발전에 따라 고해상도 디스플레이 장치에 대한 수요가 급속하게 증가

하고 있다. 이러한 추세에 대응하기 위하여 개발된 새로운 형태의 패키지가 평판 디스플레이 구동 칩 패키지 부품인 COF(Chip-on-Film)이다. 이는 유연한 폴리이미드(Polyimide) 필름에 20 μ m 선폭과 30 μ m 이하 피치의 회로가 인쇄된 기판의 패턴에 디스플레이 구동칩을 실장하여 디스플레이 패널의 화소들을 구동하는 디스플레이의 핵심부품이다. 일반적인 인쇄회로기판(PCB)의 제조과정에 발

Corresponding Author : anxanx@cbnu.ac.kr

Tel: +82-43-261-3161, Fax: +82-43-263-2448

생되는 외관 결함 검출에 있어 대부분 자동화 시스템을 갖추고 있지만 COF 패키징의 경우 전기적 특성 검사만 자동화로 진행되고 있다^[1]. 하지만 전기적 특성 결함과 더불어 COF 외관 결함(찍힘, 눌림, 리드 스크래치, 수지날림, 칩핑) 또한 디스플레이 패널의 품질 문제를 발생 시킬 수 있기 때문에 자동 외관 결함검사 장치가 필요한 상황이다. COF 조립공정을 살펴보면 원자재 필름은 릴(Reel)형태로 구성되어 있으며 패턴에 칩을 실장하는 공정, 실장된 칩을 고정하기 위하여 수지를 도포하는 공정, 도포된 수지를 열 경화하기 위한 경화 공정, 전기적인 테스트 공정으로 구성되어 있으며 전체 구성은 단위 제품들을 연속으로 연결하여 공정 작업을 쉽게 하기 위하여 릴의 형태로 구성하여 장력을 유지하며 이동하는 구조로 되어 있다. 조립 공정을 진행하면서 평평했던 COF는 장력, 열, 보관상의 변형에 의한 영향으로 Fig.1와 같은 컬(Curl)현상이 발생하며 컬 자체는 제품의 결함은 아니지만 외관 결함 검사를 진행할 때 검사의 정확성에 문제를 발생 시킨다. COF 크기는 48 mm × 38 mm 인데 외관 불량 검사에서 제품에 영향을 줄 수 있는 리드 간 간격인 최소 25 μ m 결함을 검출하며 크기의 기준은 결함의 대각선의 가장 큰 값을 기준으로 하며 이를 위해 고해상도 카메라를 사용하여 영상을 획득한다^[2]. 고해상도 영상은 12MP(Mega Pixel)이상의 해상도를 의미하며 가로 기준 4024픽셀이다^[3]. 3000~4000개 정도로 구성된 제품들이 릴 형태로 되어 있는 구조로 검사 시간을 단축하기 위하여 제품을 이동하면서 결함 검사를 진행하고 스캐너처럼 라인단위 영상을 획득하여 연결하고 검사하는 방식인 라인방식으로서 이는 라인 스캔 카메라를 사용하며 가로방향 7300픽셀로 구성된다. 고해상도 검사를 위한 카메라 렌즈의 특성 상 심도(DOF)가 낮기 때문에 COF 컬 현상으로 인한 평탄도 변화에 따라 심도를 벗어난 영상이 획득된다. 평탄도는 평면의 직선상의 세 점들이 동일 직선 위에 위치한 정도를 나타내며 COF가 평탄할수록 검사를 위한 렌즈 심도가 일정하기 때문에 정확한 검사 결과를 획득할 수 있다. 컬이 발생할수록 평탄도가 나빠져 외관 불량 검사의 신뢰성에 문제가 발생할 수 있다.

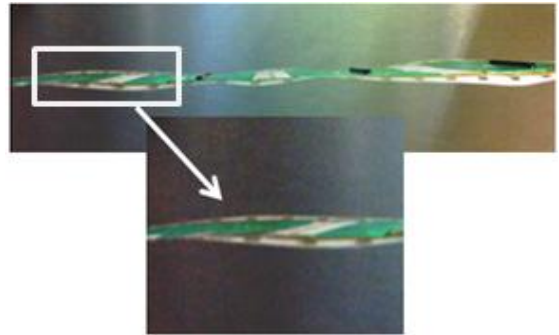


Fig. 1 Curl phenomenon of COF

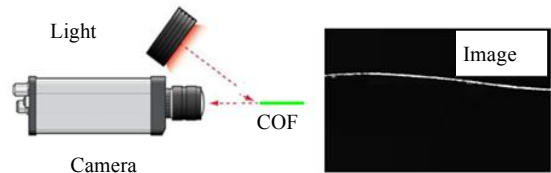


Fig. 2 Position measurement vision concept

이에 본 연구에서는 COF의 평탄도를 유지하기 위하여 제품의 하부에 공압 공급 장치를 설치하여 일정한 압력의 공압을 공급하고 공압 장치 측면에 Fig.2와 같이 필름 측면 높이 측정을 위한 카메라 시스템을 구성하였다. 이를 통하여 COF 필름의 높이를 측정하고 최적의 외관 결함 검사를 위한 렌즈의 심도 높이를 파악 하였다.

2. 평탄도 측정 장치

2.1 실험 장치 구성

평탄도 유지를 위한 공압 제어기는 E/P 레귤레이터로서 이는 전압에 비례하여 공압을 배출하며 노즐을 통해 COF에 공압을 가한다. 영상 획득부는 2MP(Mega Pixel) 카메라로서 1628x1236 픽셀의 영상 해상도를 사용한다. 카메라 렌즈는 0.8배의 광학배율과 110mm의 작업 거리(WD)의 텔레센트릭 렌즈가 사용되었고 조명부는 외부 동축 LED를 사용 하였다. Fig. 3은 실험을 위한 시스템의 구성도이다.

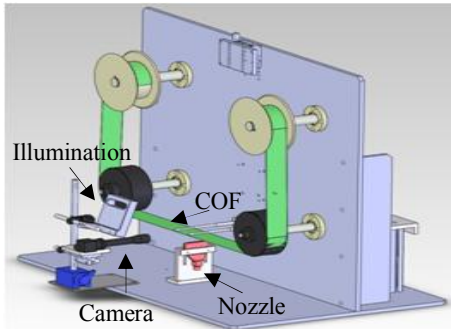


Fig. 3 Manufactured measurement system

2.2 검출 분해능

카메라 의해 획득된 측면 영상의 X, Y 좌표는 픽셀 단위로 구성 되었다. 따라서 픽셀 당 거리 값을 확인하기 위하여 시야각 거리(Field of View)를 시야각 거리를 포함하고 있는 영상의 픽셀 값으로 나누는 분해능을 알아야 한다. 에어리어 카메라는 CCD 픽셀 크기가 X×Y 로 구성되며 Y방향에 비하여 X방향의 길이가 길거나 같기 때문에 대부분의 경우 장변의 길이를 사용하여 분해능을 식(1)과 같이 계산한다.

$$Resolution = \frac{L}{Px} \quad (1)$$

여기서 L은 X방향 시야각거리이고 P_x 는 영상의 X방향 픽셀 값이다. 따라서 실제 시야각 거리가 8.95 mm × 6.8 mm 일 때 영상을 카메라로 측정한다면 식(1)에 대입하여 5.5 $\mu\text{m}/\text{pixel}$ 의 분해능을 가짐을 알 수 있다.

2.3 영상처리 과정

COF 필름의 위치를 표현하기 위하여 측면에 조명을 조사하면 선형으로 연속되어야 하지만 미세한 구겨짐, 눌림 등의 영향으로 일부가 반사가 발생하지 않아 불연속적이기 때문에 신뢰성 있는 결과를 획득하는데 문제점이 발생한다. 따라서 Fig. 4와 같이 이진화(Binarization)^[4]화를 진행하고 채움(Closing), 세션(Skeleton)등의 모폴로지(Mophology) 연산을 통하여 연속성이 있는 선형으

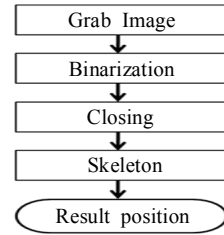


Fig. 4 Flowchart for measurement of film position

로 만들어야 한다. 모폴로지 연산은 영상의 형태를 처리하는 기법으로서 기하학적으로 이미 알고 있는 형태를 대상 이미지에 반영하여 영상의 필요한 부분만 추출하는 기법이다.

Fig. 6 (a)와 같은 영상에서 배경과 COF 측면 영역을 분리하기 위하여 이진화를 사용한다^[5]. 이진화는 픽셀의 임계 값을 설정하고 식(2)와 같이 임계 값 보다 작거나 같으면 0, 높으면 255로 표현하는 것이다. 식(2)에서 $f(x,y)$ 와 $g(x,y)$ 는 각각 입력 영상과 출력 영상 픽셀의 값이고, T는 임계 값이다.

$$g(x,y) = \begin{cases} 0 & \text{if } f(x,y) \leq T \\ 1 & \text{if } f(x,y) > T \end{cases} \quad (2)$$

Fig. 6 (b)와 같이 채움(Closing)^[6] 연산을 적용하는데 식(3)과 같으며 이진화 된 영상에 팽창 연산(Dilation) 후 침식 연산(Erosion)을 사용하는 방법으로서 오목하게 들어간 부분이나 작은 구멍을 채우는데 사용한다. 팽창연산은 Fig. 5 (a)와 같이 이진화 된 영상과 3x3 마스크 영상의 범위를 비교하며 마스크에서 1인 성분을 가지는 위치에 입력 영상 화소가 한곳이라도 1값을 가지면 결과 영상은 1이 되는 방식이다. 침식 연산은 Fig. 5 (b)와 같이 팽창연산 된 영상과 마스크 범위를 비교하여 마스크에서 1인 성분 위치에 이미지도 1이 되어야 값이 1이 되는 방식이다.

$$A \cdot B = (A \oplus B) \ominus B \quad (3)$$

채움 연산을 완료 하고 Fig. 6 (c)와 같은 세션화(Skeleton)^[7]는 식(4)와 같고 $S_k(A)$ 는 식(5)와

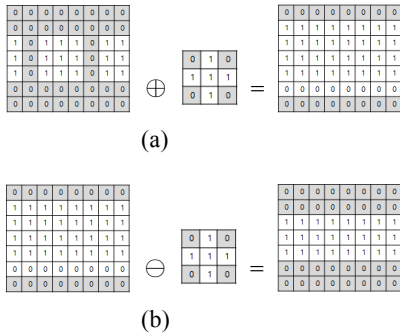


Fig. 5 Closing Method :(a) Dilation using a dilation image mask (b), Erosion using a Erosion image mask

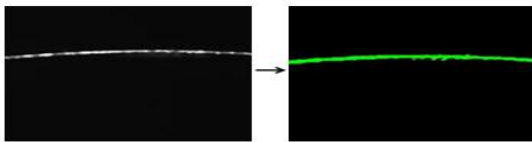
같으며 여기서 B 는 위의 채움 연산에서 사용한 것처럼 3×3 마스크인데 차이점은 8개의 방향을 포함하는 8개의 마스크를 사용하는 것이다. 식(6)과 같이 $(A \ominus k B)$ 에서 k 는 원 영상 A 에 대하여 침식연산이 성공한 횟수를 나타내며 식(7)은 K 를 표현하며 빈 영역이 아닌 침식 연산이 가장 나중에 연산된 값이다. 결과적으로 $S(A)$ 는 $S_k(A)$ 의 세션화 조합들부터 구한다.

$$S(A) = \bigcup_{k=0}^K S_k(A) \quad (4)$$

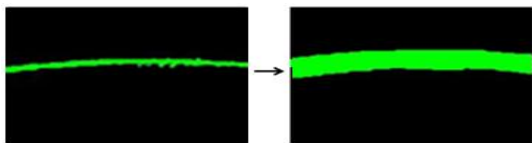
$$S_k(A) = (A \ominus k B) - (A \ominus (k+1) B) \quad (5)$$

$$(A \ominus k B) = (\dots((A \ominus B) \ominus B) \ominus \dots) \ominus B \quad (6)$$

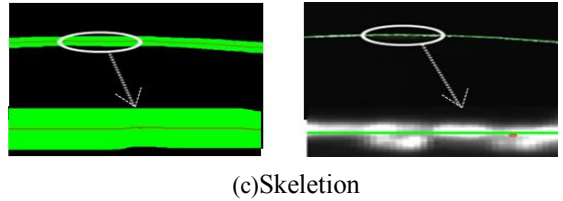
$$K = \max\{k | (A \ominus k B) \neq \phi\} \quad (7)$$



(a) Binarization



(b) Closing



(c) Skeleton

Fig. 6 Image Processing Process :(a)Binarization, (b) Closing, (c) Skeleton

3. 평탄도 측정 및 결과

3.1 평탄도 측정

외관 결함 검출 카메라의 심도(DOF)는 카메라가 선명한 상을 찍을 수 있는 가장 가까운 피사체와 가장 먼 피사체 사이의 거리를 의미하며 평탄도 측정의 기준 값이 된다. 심도는 식(5)를 이용하여 계산할 수 있다. 실험에 사용된 렌즈의 M 은 2배, F -Number는 4.5, POC 는 $40 \mu m$ 이고 이를 식(5)를 이용하여 계산하면 심도는 $270 \mu m$ 이다. 따라서 본 시스템에서는 COF 평탄도의 편차가 $270 \mu m$ 이내에서 유지되어야 한다.

$$DOF = (2 \times POC \times EA) \div M^2 \quad (8)$$

$$EA(Effective F-Number) = (1 + M) \times F-Number$$

$$F-Number = \frac{f}{D}$$

여기서 $(POC) Permissible of Confusion$ 는 허용착란원, M 은 렌즈 배율, f 는 광학계의 초점거리, D 는 렌즈의 유효지름이다.

3.2 평탄도 측정

측면에서 COF를 측정하는 외관 결함 검사 카메라는 작업거리(WD)를 기준으로 하여 설치한다. 렌즈의 끝부분 위치에서 제품까지 거리인 전체적인 측정순서는 Fig. 6과 같다. 즉 노즐을 통하여 공압을 공급하면서 측면 COF 영상을 획득한다. 작업거리의 중심좌표를 0,0으로 설정하고 영상 처리과정을 적용하여 기준이 되는 좌표를 획득하여 저장한다. COF의 측면에서 조명을 조사하여 카메라로 영상을 획득하고 영상 처리 과정을 통하여 X, Y의 중심 좌표를 획득한다. 영상처리는 COF

측면에서 선형의 연속성을 유지할 수 있도록 적용한다. 공급되는 공압 영향으로 측정값의 중심 좌표는 Y축, 즉 높이 방향으로 좌표 값이 변화하는데 이것이 심도의 변화이며 동시에 평탄도의 변화이다. 기준이 되는 평탄도는 측면 측정 카메라 영상의 작업 거리위치의 중심 좌표가 0이 되며 식(5)의 심도의 계산 결과에 따라 편차는 $\pm 135\mu\text{m}$ ($270\mu\text{m}$) 이내를 유지해야 한다. 이와 같이 기준 좌표를 결정하고 실제 실험을 수행한다. 즉 공압을 공급하여 영상을 측정한 후에 기준 좌표 획득과 동일한 과정으로 영상 처리를 적용하고 현재 좌표를 획득하여 기준 좌표와 검사 좌표의 Y방향 편차를 구하여 높이 차이를 계산한다. Fig. 8은 공압을 공급하지 않고 113초 동안 COF의 평탄도를 측정한 결과를 정리한 것이다. Fig.8에서 알 수 있듯이 공압을 공급하지 않은 경우에는 최소 $-110\mu\text{m}$, 최대 $170\mu\text{m}$, 편차 $280\mu\text{m}$ 로서 외관 결함검출 카메라의 심도인 $270\mu\text{m}$ 보다 편차가 크게 나타났다. Fig. 9는 0.6MPa의 공압을 공급하면서 COF의 평탄도를 측정한 결과이다. Fig. 9에서 알 수 있듯이 일정한 공압을 공급하면 그래프의 측정결과 최소 $-57\mu\text{m}$, 최대 $50\mu\text{m}$, 편차 $107\mu\text{m}$ 로서 외관 결함

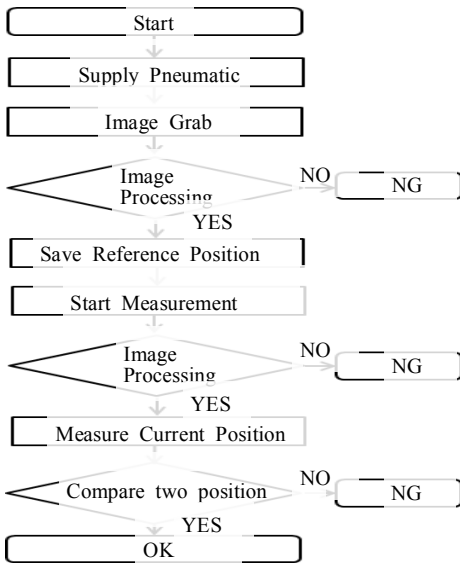


Fig. 7 Flowchart for operating the measurement software

검출 카메라의 심도 $270\mu\text{m}$ 보다 편차가 감소한다. Fig. 10은 1MPa의 공압을 공급하면서 측정한 결과이다. 0.6MPa보다 COF의 기준 높이가 상승되고 결과 값의 편차도 $119\mu\text{m}$ 로 조금 크지만 심도 편차 이내에 들어오는 것을 확인하였다. 하지만 1MPa의 압력을 공급하게 되면 제품이 분당 된 상태에서 리드 깨지는 추가적인 결함의 현상이 발생되었다.

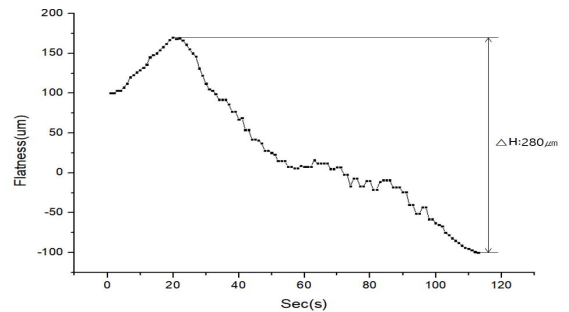


Fig. 8 Measured COF flatness none air pressure conditions

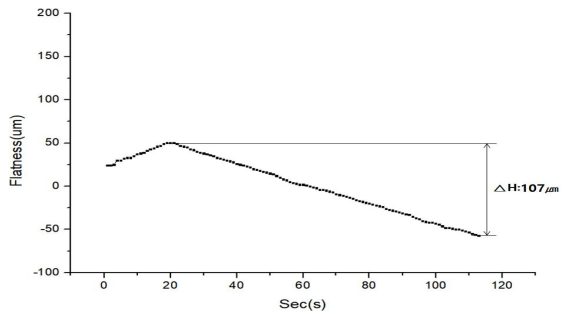


Fig. 9 Measured COF flatness for 0.6MPa air pressure conditions

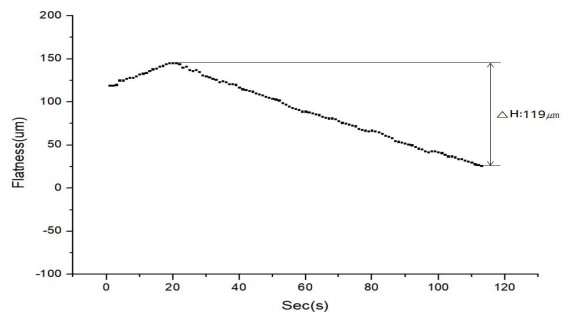


Fig. 10 Measured COF flatness for 1MPa air pressure conditions

단순한 결과 값 비교로 0.6MPa이나 1MPa 모두 측정이 가능한 높이 편차 범위 내에 위치하는 것을 확인하였지만 1MPa의 압력을 공급하는 경우 제품의 리드가 깨지는 결함이 발생하는 문제가 발생하였다. 따라서 안정적인 압력 범위인 0.6MPa를 공급한다.

4. 결 론

연성인 폴리이미드로 구성된 COF 기관의 외관 결함 검사에서 가장 큰 문제점은 필름이 카메라 심도범위를 벗어나는 현상이며 대표적인 것이 켈 현상이다. 켈 자체가 제품의 결함은 아니지만 켈 현상의 발생으로 인하여 결함 검출 결과에 영향을 주기 때문에 켈을 제어해야 한다. 켈 현상을 제어하기 위하여 COF에 일정한 공압을 공급하는 제어부와 켈 위치를 측정 할 수 있는 머신비전으로 구성된 시스템을 개발한다. 본 연구에서는 COF에 공압을 공급하지 않은 경우, 레귤레이터 압력 범위에 내의 0.6MPa 공압을 공급하는 경우, 그리고 레귤레이터 압력 범위를 벗어나는 1MPa 공압을 공급하는 세 가지의 측정 조건에서 측정을 진행하였다. 공압을 공급하지 않은 경우 $280\mu\text{m}$, 0.6MPa의 공압을 공급한 경우 $107\mu\text{m}$, 1.0MPa의 공압을 공급한 경우 $119\mu\text{m}$ 정도의 편차가 발생하였다. 정상적인 심도 범위가 $270\mu\text{m}$ 이기 때문에 0.6MPa와 1.0MPa의 압력에서의 변위 차이는 양품의 범위에 포함되지만 1.0MPa의 공압을 인가하는 경우 공압에 의한 리드 깨짐 불량이 발생하기 때문에 가장 좋은 공압의 공급조건은 0.6MPa 이다.

후 기

“이 논문은 2020년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원(KIAT)의 지원을 받아 수행된 연구임.(N0002429, 2020년 산업전문인력역량강화사업).”

REFERENCES

1. Ryu, J. R., “Development of Automatic Fault Detection System for Chip-On-Film”, Journal of Advanced Information Technology and Convergence Vol. 9, No. 1, pp. 313-318, 2011.
2. Lee S. W., Choi, D. J., Lee, D. J., Chun, M, G., “Development of Real-Time TCP/COF Inspection System using Differential Image,” Journal of Korean Institute of Intelligent Systems, Vol. 19, No. 2, pp. 336~341, 2009.
3. Kim, Y. S., Moon, H. J., Song, C. K., Jeon, M. K., “Defects detection of TCP/COF using real-time line-scanner”, CICS 2007 Oct 26, pp. 153-154, 2007.
4. Zhang, H. X., Kweon, H. K., "A Study on the Circular Hole Diameter Measurement System by using Machine Vision", KSMPE Spring, pp. 173-173, 2016.
5. Park, C. H., Choi, J. H., “An Automatic Inspection System for Binary Patterned Objects by Using A Computer Vision System”, Journal of the Korean Institute of Plant Engineering, Vol. 8, No. 2, pp. 41-52, 2003.
6. Sid-Ahmed, M. A., Image Processing Theory, Algorithm, and Architectures, McGraw-Hill. Inc. pp. 57-98, 1994.
7. Parker, J. R., Algorithms for image processing and computer vision, john wiley & Son, pp. 150-219, 1997.