

# LED광원과 레이저빔을 이용한 Slab 폭 두께 측정 오차 비교

김태수\* · 전중창\*\*

\*위덕대학교 \*\*진주산업대학교

Measurement error comparison of slab width thickness using LED luminous sources and laser beam

Tae-Soo Kim\* · Joong-Chang Chun\*\*

\*Uiduk University \*\*Jinju National University

E-mail : tskim@uu.ac.kr

## 요 약

철강회사의 열연 Slab 표면의 폭 두께를 측정하여 공정시에 이들 측정 데이터를 이용하여 양질의 제품 생산을 위한 공정 제어에 이용하고 있다. 이 경우에 카메라를 사용하여 측정하거나 레이저 스캐너를 이용하여 측정하고 있다. 본 논문에서는 카메라와 레이저를 이용하여 폭 두께를 측정하는 시스템을 구축하고 이렇게 구축된 시스템에서 레이저빔과 LED광원을 사용하였을 때 물체의 실제 길이와의 측정오차를 비교한다. 그 결과 LED광원을 이용하였을 경우 레이저의 경우와 유사하나 가격이나 생산현장의 환경을 고려하면 보다 효과적이라 하겠다. 또한 정밀한 측정을 요구할 경우 이 두 광원을 동시에 사용하면 양호한 결과를 얻을 수 있게 된다.

## 키워드

Slab 폭 두께 측정, LED 광원, 레이저, MIL 8.0, CCD 카메라

## 1. 서 론

기존의 CCD 카메라를 이용한 장치로는 섭씨 600도 초고온 장소와 고속 진행 상황에서 데이터의 수집이 매우 힘들고, 주조시에 원활한 데이터의 수집이 불가능하다. 그리고 설치 개소의 협소성으로 데이터의 취득이 곤란, 진동 및 영상의 Noise 증가로 인한 영상의 손실률이 증가하고 Slab 자체의 고온 및 수증기 발생으로 인한 데이터의 판독률 감소 등이 문제시되어 왔다. 따라서 CCD 카메라를 이용한 장치만으로는 열악한 환경에서 정밀한 데이터의 취득이 힘들기 때문에 레이저 센서를 이용한 측정 방식을 병행하여 개발이 이루어져 왔다.<sup>[1][6]</sup>

본 논문에서 제안하는 시스템을 개발할 때 고정밀 Slab 폭 두께 측정 장치 및 표면형상 측정 장치의 운용으로 제품의 생산 공정의 제어를 원활하게 하여 생산하는 철강 제품 품질을 향상시키는 데 중요한 역할을 할 수 있으며 목적대비 장치비용을 30%이상 감소시킬 수 있다.

또한 본 논문에서는 이러한 시스템을 개발함에 있어서 폭과 두께의 측정을 위하여 고가의 레이저를 사용하는 대신 LED 광원을 이용하여 비용을 저감시키며 동시에 측정치의 오차를 줄이고자 한다. 따라서 LED의 특성을 고려하여 주위 환경에 영향을 거의 받지 않고 측정할 수 있도록 광원의 조도를 높이기 위하여 고전압의 LED를 사용한다. 이 경우에 높은 열을 동반하기 때문에 방열판을 부착하여 열을 내리게 하며 필요시 공기 등을 불어 넣어 냉각을 시키도록 한다.

LED의 사용한 경우와 레이저를 사용한 경우를 비교분석하기 위하여 물체의 움직임이 정지시에 어떻게 변화되며 이동 중에는 어떻게 오차의 범위가 어떻게 변화 하는가에 대하여 비교 분석하고자 한다. 이러한 비교에 앞서 우선 시스템에 대한 특징과 시스템의 구성 및 광원 등을 살펴보고자 한다.

## II. 폭 두께 측정 시스템

2.1 측정 시스템 구성

본 논문에서는 폭과 두께 등을 측정하기 위구 축하고자 하는 시스템으로 그림1에서와 같이 CCD 카메라를 이용한 Slab 폭·두께 측정 장치 구성도를 보인다. 이 경우 Slab의 폭, 두께를 측정하기 위하여 현장의 상하좌우 4면에 산업용 CCD 카메라를 설치하여 동시에 Slab의 화면을 모니터링하고 수치를 측정하게 된다. 이 경우에 문제가 되는 것은 Slab를 식히기 위해서 냉각수를 분사하게 되는데 아래쪽에 위치한 측정용 시스템의 보호를 위해서 Cover를 설치해야 된다. Cover는 자동개폐 장치를 사용하여 개폐를 하지만 이물질이 끼는 등의 문제점이 발생한다. 따라서 본 연구에서는 아래쪽의 측정용 시스템을 제거하고 위와 좌우의 측정용 시스템만을 이용하여 측정 장치를 개발하고자 한다. 이 경우에 보다 정밀한 측정을 위하여 레이저 센서를 추가하여 CCD 카메라에서 부족한 부분을 보완하여 구현하고자 한다. 레이저 센서만을 사용하여 구현하는 방법도 있으나 냉연 상태가 아닌 고온 상태에서 레이저 센서는 고온 Slab에서 발생하는 백색광 등에 의해 측정 오차를 발생하는 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 CCD 카메라와 레이저 센서 각각의 특징을 최대한 부가시키고 상호 보완하여 고정밀의 Slab 폭·두께 및 표면형상 측정 장치를 구현한다.

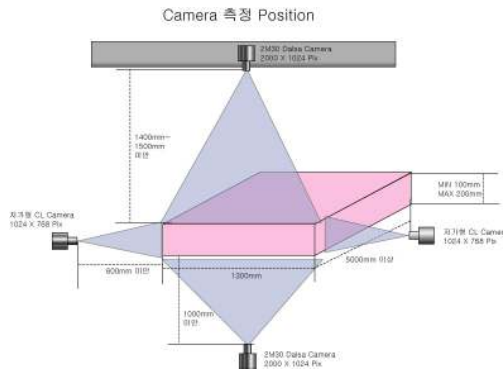


그림 1. CCD 카메라에 의한 측정 시스템

상기 그림1에서와 같이 4면의 측정을 위하여 각각의 카메라를 부착하게 되는데 아래에 있는 카메라는 수분이 렌즈에 유입될 수 있으므로 촬영시간 이외에는 폐쇄될 수 있도록 설계된다.

본 논문에서는 이러한 어려움을 극복하기 위하여 하부에 있는 카메라는 제거하고 그 대신에 레이저 센서를 부착하여 설계한다. 레이저의 경우에는 붉은 빛을 띠기 때문에 어두운 곳에서 영향을 그다지 받지 않는다는 특징이 있다. 다음 그림2는 실제로 3면만을 고려하여 설계하고 실제로 구축한 시스템의 전체 모형을 나타낸다. 그림2에 나타난 바와 같이 상측면에서의 카메라와 레이저를

이용하여 폭에 대하여 길이를 측정하고 좌우 2개의 카메라로부터는 두께를 측정하게 된다.

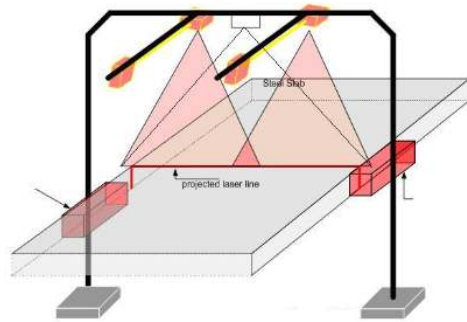


그림 2. 시스템 전체 모형

2.2 시스템 Cooling용 Chamber

연주기에서 나오는 Slab는 섭씨 700도 이상의 초고온상태이다. 따라서 Slab을 가까이에 근접해서 CCD 카메라나 레이저 센서를 이용하여 데이터를 수집하려고 하면 일반적인 Housing 방법으로는 카메라나 센서가 열에 견디내지 못한다. 따라서 2중 3중의 특수 Housing 방법을 사용하여 특수하게 제작하여야 된다. 즉, 시중에 시판되는 CCH-55XX나 CCH-60XX 계열의 고열형 Housing은 2중 단열 밀폐구조로 되어있으며 대략 섭씨 -15도에서 110도 상이에 사용할 수 있으며 최대 700도까지 사용이 가능하다. 그러나 초고온의 쇠물(용강)은 섭씨 700도 이상의 온도이기 때문에 이러한 구조의 Housing으로는 카메라나 센서를 설치할 수 없다. 따라서 CCH-55XX계열의 고열형 Housing 장치에다 외각에 SUS Chamber를 덧대어 아래 그림과 같이 3중 Chamber 구조로 개발하여 섭씨 700도를 넘는 초고온의 환경에 대응할 수 있도록 한다.

다음은 공냉식 Housing 구조를 나타낸다.

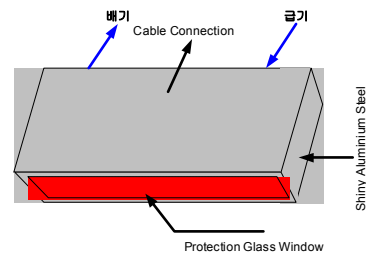


그림 3. 공냉식 Housing 구조도

그림에서와 같이 CCD 카메라 및 레이저스캐너의 냉각은 CCD 카메라 및 레이저스캐너 하우징을 air purging함으로써 이루어진다. 또한 케이블의 보호는

케이블을 gate frame 내부에 설치하고 gate frame 내부에 air purging을 함으로써 이루어진다. 케이블을 설치기구물 내부에 수납하여 열을 차단하고 설치기구물 내부로 냉각공기를 순환시키는 구조에 의한 설치기구물의 냉각 구조이다.

### 2.3 시스템 조명용 LED광원

다음은 고전압 7구 소형 LED 광원을 나타낸다. 이 광원을 가지고 실제 측정 장치에 부착하여 두께를 측정하는데 사용한다. 고전압이기 때문에 방열판 역할을 하는 소자에 LED를 7개소 부착한 형태이다.

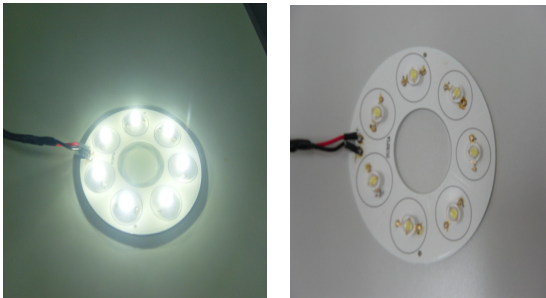


그림 4. 고전압 7구 소형 LED 광원

다음 그림5는 시스템의 폭과 형상 등을 측정하기 위하여 선택하는 고전압 다구 LED 광원을 나타낸다.

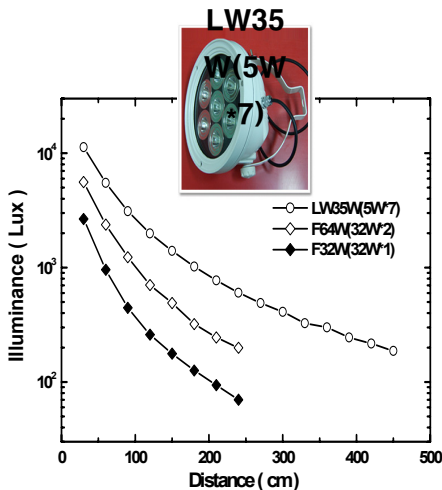


그림 5. 거리별 LED 광원 밝기

Collimate Lens가 일체형으로 부착된 LW35W

의 경우 기존 조명장치인 F32W와 F64W의 형광등에 비해 와트수가 거의 동등하거나 적음에도 불구하고 측정된 모든 위치(30~450cm)에서 훨씬 높은 조도를 나타내었으며, 특히 광원으로부터 거리가 멀어질수록 조도차이가 커진다.<sup>[7]</sup>

LW35W의 경우 하여 공장 및 지하주차장 등과 같이 조도 및 주변 환경이 열악한 곳에 설치된 CCTV 카메라의 화질을 크게 개선할 수 있으므로 인하여 CCTV 카메라의 설치 목적에 적합한 여러 가지 기능 수행이 가능하도록 하였을 뿐만 아니라 형광등, 할로겐램프, 무전극등 및 나트륨등과 같은 기존 조명램프의 단점인 높은 소비전력과 단수명에 의한 유지보수의 문제점 등을 해결할 수 있는 여러 가지 장점을 가지고 있기 때문에 본 연구에 사용한다.

상기의 LED 광원을 이용하여 시스템에 부착한 형태를 그림에 나타낸다. 여기서는 housing을 부착하지 않은 형태이다.



그림 6. LED 광원 설치도

### III. 동작 실험 및 고찰

실험을 하기 위하여 시스템 구성은 두 개의 보드(보드1, 보드2)와 3개의 카메라(카메라 A, B, C)로 구축한다. 보드1은 NIP사의 SOL 6M CL Digital Matrox, 66Mhz 보드를 사용하고 두 번째 보드 2는 Meteor II MC/4 보드를 사용한다.

카메라 A는 1024×768(1/3" CCD) SVS204MFCP SVS-VISTEK이고, 카메라 B, C는 CCD Analog CAMERA sony XC-56 2대를 스테레오 카메라로 구성한다. Software는 MS사의 .Net2003과 NIP사의 MIL Ver. 8.0 Library를 사용하여 프로그램을 작성한다.

실험을 위하여 다음 그림7과 같이 에어 컴프레서를 이용하여 전후로 이동하는 장치를 제작하여 실제 현장에서 이루어지는 상황과 같이 1분에 10m의 속도로 진행하도록 조정하였다.

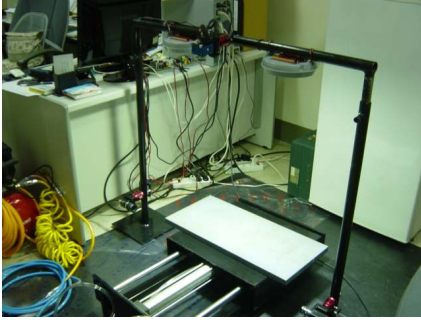


그림 7. LED 광원 부착 측정시스템

다음 그림8은 폭과 두께 등을 측정하는 메인 화면을 나타낸다. 여기서 좌측에 나타난 그림이 측정장치에 놓여있는 철판 시료의 폭을 측정하기 위해 카메라로부터 입력된 화상을 나타낸다.



그림 8. 측정시스템 메인 화면

LED 광원 및 레이저로 측정하였을 때 길이의 오차를 비교하기 위하여 정지시와 이동 중에 측정을 행하였다. 이러한 두 경우에 대하여 광원을 LED와 레이저를 바꾸어 가면서 측정을 행하였으며 물체의 실제거리가 68.7cm에 대하여 68.5와 68.6cm를 각각 나타낸다. 즉 거의 차이를 갖지 않는다. 측정 위치를 움직여서 정지한 경우에도 거의 일치하는 것을 알 수 있었다.

물체를 이동시켜가면서 측정하는 경우에 LED의 경우는 2.3mm의 오차를 보였고 레이저의 경우에는 1.82mm의 오차를 나타냈다. 이 경우에 있어서 카메라의 위치는 고정이며 레이저의 시작 위치는 물체가 진행하는 방향에서 레벨의 변화가 큰 경우를 우선 찾아 그 위치를 레이저의 위치로 하여 길이를 측정하였다. 레이저의 빔의 폭이 좁을 경우에는 찾는 위치가 정확하지 않을 수 있기 때문에 레이저의 빔을 조정하여야 된다. 이 두 경우에 있어서 주위의 그림자 등의 영향을 특별히 받지 않는 것을 알 수 있었다. 그 이유는 조도가 높은 고전압 LED의 특징 때문이다. 그러나 이 경우에는 많은 열을 동반한다. 다음 그림은 형광등 하에서 레이저를 사용한 경우를 나타낸다.



그림 9. 형광등 하에서 레이저빔

## VI. 결 론

본 연구에서 개발한 CCD카메라 및 레이저를 이용한 Slab 폭·두께 측정시스템은 철강분야의 산업 현장에서 주로 폭과 두께 등의 길이를 측정하는데 적용할 수 있으며 또한 표면 형상을 측정하여 Crack의 유무 및 수량을 파악하는데 이용할 수 있다. 1분에 10m의 속도로 진행되는 Slab의 경우에 오차규모가 적게 측정할 수 있도록 설계되었으며 실험결과 두 광원을 사용했을 때 정지시에 거의 동일한 결과를 이동 중에는 레이저의 경우가 다소 양호한 측정 결과이나 가격 등 요건을 고려하면 LED광원의 경우가 효과적이다. 또한 정밀한 길이의 측정에 있어서는 이 두 광원을 모두 사용하여 측정을 행하면 보다 좋은 결과를 얻을 수 있게 된다.

추후에는 본 연구의 측정시스템을 각종 진단시스템에 적용할 수 있도록 구현할 계획이다.

## 참고문헌

- [1] William K. Pratt, Digital Image Processing, Wiley, 2001
- [2] 엔아이피(주), MIL 8.0 User Guide, 도서출판 생각나눔, 2008
- [3] Thomas L. Floyd, "Electronic Devices", Prentice Hall, 1996
- [4] New DataSheet, "http://www. datasheets4u.com", 2009
- [5] A. Papoulis, " The Fourier Integral and its Applications ", New York : McGraw-Hill, 1962
- [6] A. V. Oppenheim and R. W. Schaffer, "Digital Signal Processing", Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1975
- [7] 이영기, 고휘도 LED를 이용한 특수조명시스템 개발, '09년도 산학연공동기술개발 컨소시엄사업 결과보고서, pp.185, 2008

<S090003: 본 논문은 '09년도 산학공동기술개발지원사업 기술개발 결과임>