라인 스캔 카메라를 이용한 압연라인의 판쏠림 측정장치 개발

Development of the Strip Off-center Meter Using Line Scan Camera in FM Line

최 용 준*, 유 기 성, 이 민 철
(Yong-Joon Choi and Ki-Sung Yoo, and Min-Choel Lee)

Abstract : Strip off-center is one of the major problems in hot strip mill line. The key to good centering is having good equipment, modern control systems, excellent maintenance and an understanding of milling process. Therefore, this study aims to develop a system that is useful for quantitative analysis of strip off-center. In this study, the measuring method of strip off-center was thoroughly studied and the exclusive control board to line scan camera were designed. Also, the manipulated type housing for line scan camera was developed to adjust initial parameters for strip width and center line. In order to check the accuracy and usefulness of the developed system, FM stand in #2 Hot Strip Factory in Pohang Steel Works was targeted.

Keywords : strip off-center, line scan camera, milling process

I. 서론

열연 조업에서 발생하는 열연 강판의 횡 방향으로의 쏠림 현상은 조업의 운전 성능 저하와 열연 판의 꼬임 발생 등을 유발시켜 생산량을 저하시키고, 강판의 품질에도 악영향을 주므로 이를 극복하기 위하여 압연기의 설비 특성 분석 및 강판의 온도 관리, 그리고, 운전 패턴 합리화 등으로 다양한 연구가 진행되고 있다[1-3].

특히, 열연 강판의 압연기 사이에서의 움직임을 관찰하는 것이 중요하나, 열악한 환경으로 인한 시스템의 내구성 문제와 고속으로 지나가는 강판의 폭을 실시간으로 처리할 수 있는 전용시스템의 부재 등으로 이에 관한 연구는 활발하지 못하다. 특히 실제 조업에서는 단순히 육안 관찰 만으로 그 경향을 판단하는 정도에 그치고 있다. 그러므로, 압연기 진입측 및 압연기 사이에서의 강판의 움직임을 정량적으로 측정할 수 있는 시스템의 개발은 압연기에서 발생할 수 있는 비대칭적인 조업을 판단할 수 있는 기초 센서의 개념이 되며, 또한 각종 제어 성능의 비교 분석 및 압연 조업 메커니즘의 타당성 검증에 필수적이라 할 수 있다.

영상처리 시스템이란 영상을 취득하여 필요한 정보를 얻어내는 장치를 의미한다. 기술의 발달과 더불어 영상처리 기술이 보다 세밀한 처리 기능을 요하는 분야로 확대됨에 따라 고해상도의 영상취득이 요구되고 있으며 이러한 대안으로 고해상도 디지털 카메라와 같은 장치가 사용되고 있다. 디지털 방식의 라인 스캔 카메라(line scan camera)는 고해상도 영상 취득이 가능하다는 점 외에도 한 방향으로 움직이는 긴 물체의 촬영에 유리한 구조적 특징을 가지고 있다.

본 연구에서는 정량적인 압연 강판의 쏠림 현상을 실시간으로 측정하기 위한 고속의 라인 스캔 카메라를 이용한 전용 시스템을 개발하고 이를 통해 사상 압연 라인에서의 판쏠림 현상을 평가한다. 이를 위해 영상 전처리에 걸리는 시간을 단축하여 전체 영상 처리 시간을 효과적으로 줄일 수 있는 전처리 시스템 및 고속의 DSP를 이용하여 영상 처리 알고리즘을 소프트웨어적으로 수행할 수 있는 주처리 시스템을 설계한다. 또한 조업 조건의 열악한 환경을 극복하기 위하여 현장 정비 조업에 맞춘 로봇 팔 형태의 하우징(housing) 제작과 원거리에서 측정 및 분석을 수행할 수 있는 환경을 구축한다. 이를 통해 열연 압연 조업에서의 쏠림 현상과 비정상 조업과의 상관성을 규명한다[4-7].

* 책임저자(Corresponding Author)
논문접수 : 2003. 10. 7., 채택확정 : 2004. 12. 16.
최용준 : 포스코 기술연구소(cyj@posco.co.kr)
유기성 : 포항산업과학연구원 기전자동화연구팀(yks@rist.re.kr)
이민철 : 부산대학교 기계공학부(mclee@hyowon.pusan.ac.kr).

II. 측정 원리

일반적으로 라인 스캔 카메라는 2차원 형태로 광 소자가 배치되어 한 번의 노출에 한 프레임을 얻을 수 있는 일반 카메라(area scan camera)와 달리 광 소자가 1차원적인 선형구조를 하고 있다. 라인 스캔 카메라의 특징으로는 고해상도 화상 취득과 데이터의 고속 전송이 가능하며 수직 방향으로 무한대의 해상도가 가능하다는 점을 들 수가 있다. 단점으로는 라인 스캔 카메라는 1차원으로 배열된 광 소자를 내장하고 있으므로 카메라나 피사체가 정지한 상태에서는 2차원 영상을 얻을 수 없다. 그러므로, 라인 스캔 카메라를 통해 2차원 영상을 취득하기 위한 방법으로는 일반적으로 피사체를 움직이는 방법을 사용한다. 이와 같은 방식으로 컨베이어를 이용한 공정 시스템의 제품 검사나 폭 측정과 같은 분야에 라인 스캔 카메라를 적용할 수 있다.

본 연구에서는 이러한 원리를 이용하여 압연기 상부에 라인 스캔 카메라를 설치하고, 압연 강판이 지나감에 따라 그 중심의 변화량을 측정하였다.

그림 1은 구성한 영상 처리 알고리즘에서의 기준 좌표와 그에 대한 좌우 값의 정보를 나타낸 것이다. 측정 원리는 1024개의 화소를 가진 라인 스캔 카메라로부터 5회의 영상을 받아서 평균 처리(mean filtering)를 수행한 후, 화소(pixel)의 값이 일정한 크기 이상이 되는 값(threshold value)을 기준으로 히스토그램의 평활화 알고리즘을 수행한다. 이렇게 평활화된 영상을 이진화 하여 중심 값(center pixel)을 계산해낸 후,

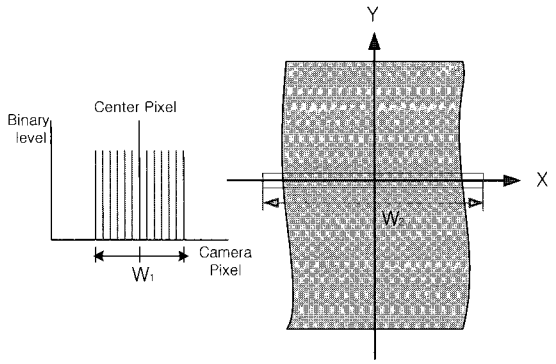


그림 1. 판쏠림 측정의 기본 원리.
Fig. 1. Principle of strip off-center measurement.

그 값과 기준좌표 위치로부터의 중심 값과의 차이를 판쏠림(off-center) 값으로 정의한다. 이 때의 판쏠림 값은 (1)과 같다. 일반적으로 압연 강판이 지나가는 속도는 초당 1.0 미터부터 최고 1.7 미터 정도이고, 카메라의 5회 영상 취득 및 판쏠림 데이터 처리 속도는 초당 25개의 데이터를 처리한다.

$$W_{CP} = \frac{W_1}{2}$$
$$W_{off} = \frac{W_2}{2} - W_{CP} \quad (1)$$

수식 (1)에서 W_1은 카메라로부터 측정된 화소의 계조치(gray level)을 의미하며, W_2는 기준좌표의 위치에서의 전체 측정 가능 길이를 의미한다. W_{CP}는 이진화 된 영상에서의 중심 값(center pixel)을 의미하며, W_{off}는 기준 측정 위치로부터 압연 강판이 벗어난 정도 즉, 판쏠림(off-center) 값을 의미한다.

기준 좌표의 위치 선정은 카메라 설치 후 압연 강판이 지나가는 라인의 중심 위치를 선정하여 이곳으로부터 형광등과 광원을 이용하여 카메라의 노출을 조절하여 인식 가능하게 한 후 카메라 화상에서 측정할 수 있는 거리 범위로 설정한다.

III. 시스템의 구성

구성한 전체적인 시스템은 그림 2와 같다. 라인 스캔 카메라로부터 출력되는 데이터는 전처리기를 거친 후 전용 마이크로 프로세스를 통해 알고리즘을 수행하고, 수행된 결과는 통신 포트를 통해 호스트 컴퓨터에 데이터로 전송해 준다. 호스트 컴퓨터는 약정된 사용자 프로토콜을 해석하여 필요한 데이터를 추출하고 화면에 표시한다. 본 시스템의 장점은 공장과 같은 열악한 환경 하에서 영상정보를 획득하고 처리하는 전용제어기가 공장라인에 직접 설치가 되고, 측정된 결과를 시리얼 케이블을 통해 250 미터 정도의 원거리 모니터링이 가능하다는 것이다.

1. 카메라 전용 제어기 개발

라인 스캔 카메라는 데이터를 처리할 수 있는 고속 영상처리기가 필요하고, 알고리즘을 수행하기 위한 프로세스는 컴퓨터에서 담당하게 된다. 기존의 제품의 경우 일반 컴퓨터에 PCI 방식의 인터페이스 및 라이브러리를 제공하고 있다. 이는 영상 처리 보드를 탑재한 컴퓨터가 카메라로부터 거리 50 미터 이내의 신호 레벨 제약이 있으므로 열연공장 등과

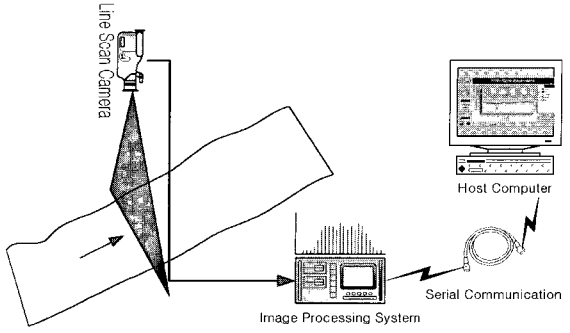


그림 2. 판쏠림 측정 시스템의 구성도.
Fig. 2. Schematic diagram of strip off-center system.

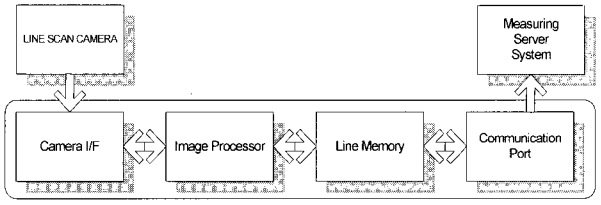


그림 3. 영상처리시스템의 구조.
Fig. 3. Configuration of the proposed system.

같이 작업 환경이 매우 열악하고 설치 거리가 50 미터 이상 될 경우는 영상 처리 보드를 탑재한 컴퓨터가 공장 내에 설치되게 되어 내구성 및 안정성을 보장하기 어렵게 된다.

따라서, 실시간으로 판쏠림 측정을 하기 위해 측정알고리즘이 내장되고, 라인 스캔 카메라를 제어할 수 있는 기능을 가진 현장 설치 타입의 고속연산 제어기가 요구된다. 그리고, 라인 스캔 카메라의 종류에 따라서 전처리 영상 처리부의 마이크로 프로세서의 타입이 달라지므로, 개발에 앞서 카메라의 종류를 정확히 선정해야 한다. 일반적으로 이미지 처리를 위한 마이크로 프로세서는 Texas Instruments사의 TMSC3X, TMSC4X 시리즈나 Motorola사의 real-time OS가 내장 가능한 DSP를 채택할 수 있다. 라인 스캔 카메라 전용제어기는 Texas Instruments사의 32비트 마이크로 프로세서인TMS320C32를 사용하였다.

그림 3은 본 연구에서 개발한 영상처리시스템의 구조이다. 그림에서 보듯이 영상 프로세서에서 수행하는 작업은 카메라의 영상 정보를 획득하고, 알고리즘을 수행하여 메모리에 저장하고, 이에 대한 정보를 통신 포트를 통해 측정용 서버 컴퓨터에 전송한다. 통신 포트는 원거리 전송을 위하여 RS-422 인터페이스가 가능한 시리얼 포트가 된다.

구성한 판쏠림 측정 시스템은 크게 네 부분으로 나누어진다.

첫째는 카메라 인터페이스(camera I/F) 및 이미지 프로세스 부분으로써 카메라 컨트롤 플립 플롭(flip flop) 및 타이밍 회로, 그리고 각 부분별 모듈을 선택하고 동작하기 위한 어드레스 디코더(decoder) 회로, 인터럽트 소스 관리 회로 등이 내장되어 있다.

사용한 CPLD(programmable logic device)모듈은 EPLD 타입의 ALTERA사의 EPM7128을 사용하였다[8]. 또한, 이미지 프로세서는 고속 DSP 프로세서인 TI사의 TMS320C32를 사용하여 고속의 실수 연산을 수행하도록 하였다[9-11].

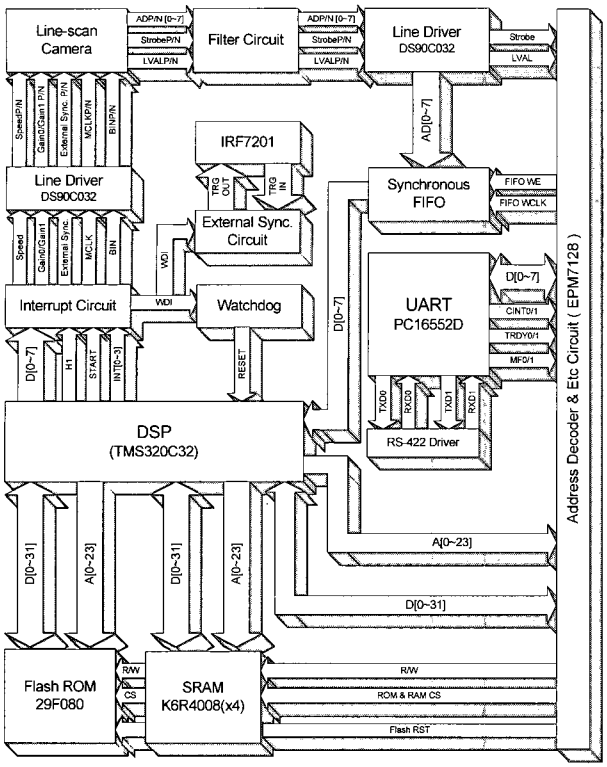


그림 4. 영상처리 제어기의 구성도.

Fig. 4. Schematic diagram of image process controller.

표 1. 사용자 정의 프로토콜.

Table 1. Defined user protocol.

명 령	작 업
'B'	자동 모드로 제어기를 동작시키는 명령
'X'	자동모드에서 수동모드로 제어기의 모드를 전환하는 명령
'T'	데이터를 전송하라는 명령
'R'	컴퓨터에서 제어기로 통신이 이루어질 때의 인식문자
'G'	카메라 동작과 관련된 파라미터 인식 문자 * 파라미터로는 카메라의 노출시간과 에지(edge) 검출을 위한 스레드 홀딩 (threshold) 값이고, 이에 대한 정보는 컴퓨터에서 전송한다.
'U'	수동모드에서 1 Frame정보를 모두 받기 위한 명령
0x1E	제어기에서 판쏠림 측정 알고리즘을 수행한 후 결과(프로파일의 에지 정보)를 컴퓨터로 보낼 때의 데이터 시작 인식문자
0x1D	제어기에서 판쏠림 측정 알고리즘을 수행한 후 결과(프로파일의 에지 정보)를 컴퓨터로 보낼 때의 데이터 끝 인식문자
0x10	제어기에 문제가 발생하였을 경우 Auto Booting되었음을 서버 시스템에게 알려주는 인식문자
'E'	전송데이터의 끝을 나타내는 인식 문자

두번째는 메모리부분으로 다시 세 부분으로 나뉠 수 있는데, 판쏠림 측정 알고리즘 및 기타 기능의 프로그램 코드가 내장되는 Flash ROM과 카메라에서 고속으로 들어오는 영상 데이터를 FIFO로 저장하는 고속 입출력 RAM, 영상처리 및 판쏠림 측정, 메모리 및 기타 주변 회로 제어용 I/O메모리 영역을 관장하는 고속 입출력 RAM 등으로 나눌 수 있다[13-15].

세번째는 통신 부분으로서, 통신 기능은 기본적으로 시리얼 전용 CMOS에서 처리되고 드라이버는 RS-422을 사용하여 최대 전송 거리가 1Km까지 가능하도록 하였으며, 제어기에 내장된 프로그램에서는 반 이중 방식을 사용하였고, 통신 설정은 38400BPS, 1 Stop Bit, No Parity, Not Flow Control을 지원하도록 하였다. 이와 같이 설계한 영상처리 제어기의 전체적인 구성은 그림 4와 같다.

네번째는 측정을 위한 서버 시스템으로 전용 제어기에서 수행한 판쏠림에 대한 결과값을 통신을 통해 전송 받아서 측정 결과를 저장하거나 분석을 하기 위해 사용된다.

본 연구에서 정의한 사용자 프로토콜을 정리하면 표 1과 같다. 표 1에서, 측정 모드는 크게 수동 모드와 자동 모드로 나누어지며, 수동 모드는 상위 컴퓨터의 지시가 전달되면 라인 스캔 카메라의 최대 화소 크기의 하위 데이터(low data)를 전송하는 기능이며, 자동 모드는 지시가 한번 이루어지면 실시간으로 영상처리 알고리즘을 수행하여 판쏠림 값을 계산하여 측정용 서버 시스템에 데이터를 전송하는 기능이다. 기준 좌표의 위치는 수동 모드로 측정한 결과값에서 화소 데이터의 최대 값이 발생하는 위치로 영점을 선정하였다.

2. 모니터링부 구성 및 현장 적용

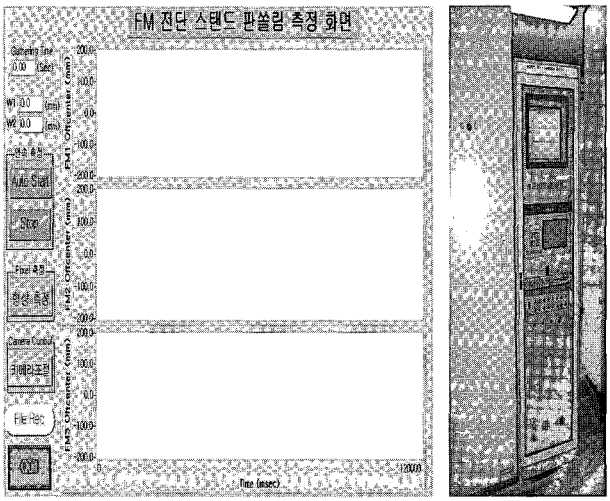
본 연구에서는 구성한 카메라로부터의 신호를 저장하고 모니터링하기 위하여 그림 5(a)와 같이 소프트웨어를 구성하였다. 소프트웨어 화면의 왼쪽에는 측정 모드 및 카메라 컨트롤 모드를 선택할 수 있도록 하였고, 기타 저장 작업을 할 수 있도록 하였다. 측정 모드에는 연속 측정 모드와 화소 측정 모드(수동 측정 모드)로 나눌 수 있으며, 연속 측정 모드는 열연 강판의 주행에 따른 연속적인 결과를 측정할 수 있는 모드이며, 화소 측정 모드는 카메라의 화상에서 원영상 데이터(raw data)를 바로 측정하여 강판으로부터의 광량을 확인할 수 있도록 하였다.

그림 5(a)의 오른 쪽과 같이 본 연구에서는 세 대의카메라를 압연 라인에 설치하여 그에 대한 경향을 분석하였다. 구체적으로, 압연 라인 중 사상 압연 라인(finishing mill line)의 전단 스탠드인 1, 2, 3번에 대해 판쏠림을 측정하였다.

그림 5(b)는 카메라로부터의 데이터를 처리할 수 있는 모니터링 시스템을 나타낸다. 열악한 현장 조업 환경에서 떨어진 거리에 위치하도록 설계하였으며, 이는 카메라에 대한 전용 컨트롤러의 제작으로 장거리 통신이 가능해졌기 때문이다.

그림 6은 실제 압연 라인에서 압연기 사이에 설치된 측정 장치를 나타낸다. 측정 장치의 하우징은 상부의 핸들과 측면의 핸들을 구비한 원통형 구동기(manipulator) 형태를 가지도록 설계하였으며, 상부의 핸들은 구동기를 좌우로 회전시키는 역할을 하며, 측면의 핸들은 측면 방향으로의 병진 운동을 하도록 스크루(screw) 타입으로 설계하였다. 이와 같이 다양한 자유도를 가짐으로써, 하부의 열연 강판에 대한 정확한 보정을 수행할 수 있도록 하였다.

실제 현장 조건이 열악하여 컴퓨터에 장착되는 보드 형태는 설치 위치에 많은 제약이 따르며, 진동이 심해 내구성에도 문제가 발생한다. 전용 제어기를 개발하기 전 상용 제품을 사용한 결과 3개월을 못 버티고 내부 부품에서 문제가 발생하여 철거하는 경험을 하였다. 그 원인으로 공장 내부의



(a) (b)

그림 5. 모니터링 시스템의 프레임 및 소프트웨어.
Fig. 5. Software panel and frame of monitoring system.

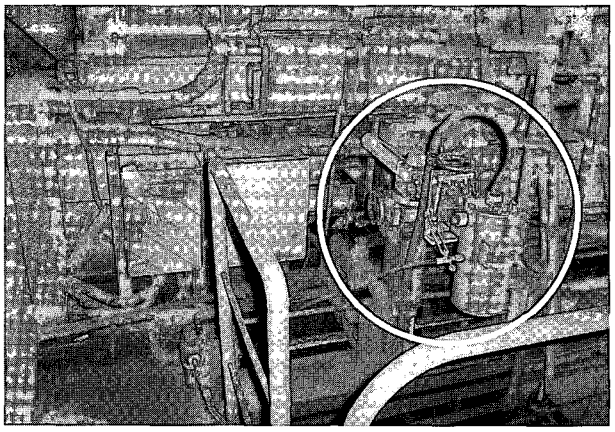


그림 6. 라인 스캔 카메라를 위한 하우징.
Fig. 6. Manipulator typed housing for line scan camera.

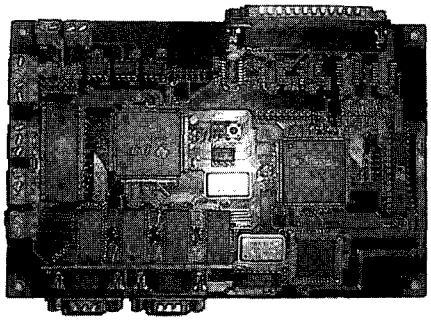


그림 7. 판쏠림 측정을 위한 전용제어기.
Fig. 7. Exclusive control board for the off-center meter.

먼지, 주위의 열, 진동 등으로 인해 장시간 사용에 많은 제약이 따르기 때문이라고 판단된다. 그러므로, 압연기 사이에서의 측정을 수행하기 위해서는 전용 제어기의 제작이 필수적이라 할 수 있다.

그림 7은 개발한 판쏠림 측정을 위한 전용 영상처리 제어기이다. 열악한 환경에 대응하기 위해 전처리 기능 및 영상처리, 통신기능이 일체형으로 구성되어 있다.

IV. 결과 및 고찰

설치된 판쏠림 장치를 이용하여 실제 압연 중에 판쏠림의 크기를 측정하였으며, 그 결과를 분석하고자 한다. 특히 다양한 측정 값들 중 조업 중에 강판의 꼬임 현상을 유발시키는 압연 판의 판쏠림 경향과 일반적으로 나타나는 정상적인 경우에 대해 분석해 보고자 한다.

그림 8은 일반적으로 측정되는 판쏠림 경향을 나타내며, 그래프에서 X축의 측정 시간에 대한 Y축의 판쏠림(off-center) 정도가 표시된 것으로 세대의 카메라로부터 데이터가 획득된다. Y축에서 판쏠림의 방향으로 표기된 "W/S", "D/S"는 현장 조업에서 통상적으로 사용되는 "Drive Side(압연 motor측)"와 "Work Side"의 의미를 나타낸다. 결과를 살펴보면 W/S로 진입한 후 일자(linear) 형태로 D/S로 쏠리는 것을 확인할 수 있다. 이와 같은 쏠림 현상 시 대부분의 경우는 판 꼬임과 같은 현상이 발생되지 않는 정상적인 조업이 가능하였다.

그래프에서 "FM #2 Stand"의 경우 고주파 노이즈(noise) 성분이 많이 포함되어 있는 것을 확인할 수 있는데, 이는 겨울철에 발생하는 수증기(watery vapor)로 인해 라인 스캔 카메라의 렌즈에 난반사를 발생시켜 영상처리 시 일정한 값을 획득하지 못하였기 때문으로 판단된다.

그림 9는 일반적으로 스팀의 영향이 적은 판 꼬임이 발생하지 않는 정상 압연에서 열연 판이 두꺼운 경우에 많이 발생하는 판쏠림 경향을 나타내며, 결과를 살펴보면 W/S로 진입한 후 D/S로 활 모양처럼 쏠리는 형태를 가지고 있다. 이 경우는 스팀의 영향을 적게 받아 노이즈 성분이 많이 줄어든 것을 확인할 수 있다.

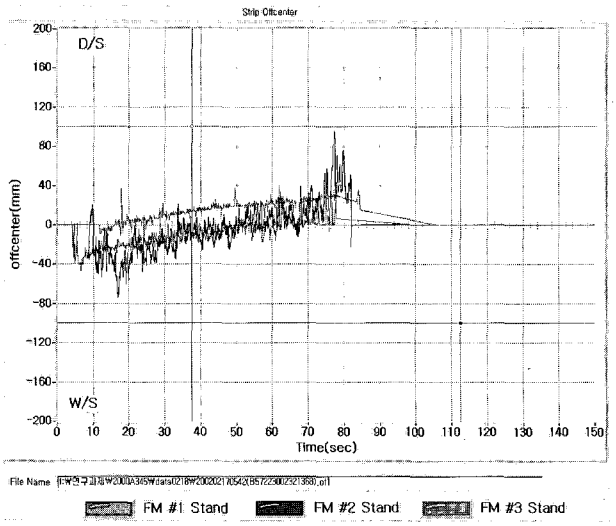


그림 8. 판쏠림 값의 기본적인 형태 (선형적인 형상).
Fig. 8. The standard shape of off-center (linear type).

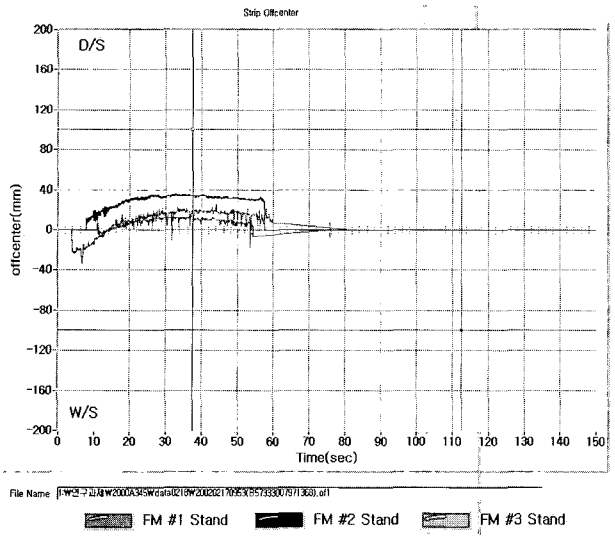


그림 9. 판쏠림 값의 기본적인 형태 (굽은 형상).
Fig. 9. The standard shape of off-center (bending type).

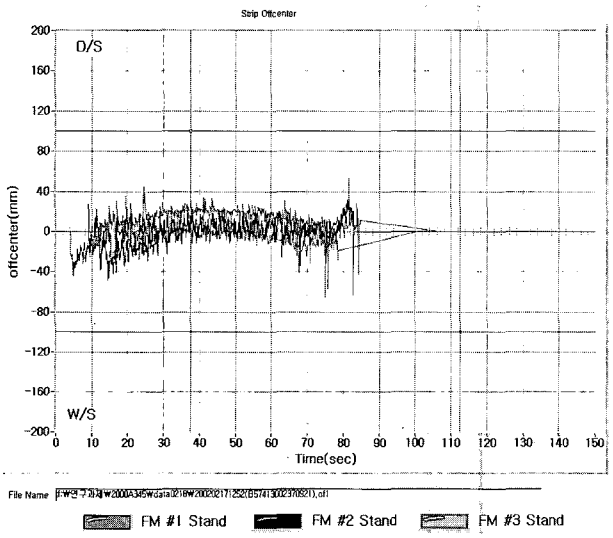


그림 10. 판쏠림 값의 기본적인 형태 (S자 형태).
Fig. 10. The "S" type of off-center value.

그림 10은 사상 압연 라인에서 판 꼬임 현상이 발생한 경우에 측정되는 판쏠림 경향을 나타내며, 결과를 살펴보면 W/S로 진입한 후 D/S로 쏠리다가 중반 이후에서 다시 W/S로, 마지막 부분에서 D/S로 급격하게 쏠리는 "S"자 형태를 가지는 것을 확인할 수 있다.

이와 같은 "S" 자 판쏠림 경향이 측정되면 많은 경우에 있어서 판 꼬임과 같은 비정상 조업이 발생하는 것을 확인할 수 있었으며, 이에 대한 원인으로는 조압연(roughing mill line)에서 발생한 강판의 휨(camber) 현상이나 압연기 자체의 구조적인 결함이 대부분을 차지하는 것으로 알려져 있다.

이상의 결과로부터 본 연구에서 개발한 판쏠림 측정 장치를 사용하여 크게 세 가지의 판쏠림 패턴을 확인할 수 있었으며, 쏠림의 크기를 정량적으로 분석할 수 있었다. 그 중 "S"자 형태의 판쏠림은 조업에 있어서 제품 품질에 영향을 많이 주는 것으로 분석되었으며, 향후 이와 같은 판쏠림 형태의 직진 성능을 개선시키기 위한 조건을 설비 및 제어적인 측면으로 해석 방향을 구분하고, 판의 종류, 폭, 두께 등의 다양한 조건에서의 체계적인 연구가 앞으로 더 수행되어야 할 필요성이 있다고 사료된다.

V. 결론

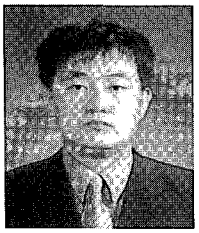
본 연구에서는 열연 강판의 판쏠림 측정 장치를 개발하여 사상 압연기에서의 판의 쏠림 정도를 정량적으로 표시하였다. 판쏠림 측정 장치를 개발하기 위하여 열악한 열연 조업 환경에 적합한 카메라 전용 제어기 및 프로토콜을 개발하였으며, 보다 쉬운 계측 환경을 구축하기 위해 원거리 측정 시스템을 설계하였다. 또한, 카메라를 보호하기 위해 각 축이 자유롭게 조정이 가능한 하우징을 설계하였다.

측정결과를 살펴보면, 사상압연기에서의 판쏠림에 대해서 꼬임을 발생시키는 판쏠림 유형이 있음을 확인할 수 있었으며, 특히 S자 형태의 쏠림 현상이 발생하면, 압연 조업에서 비정상적인 운전을 유발시켜 품질 저하 및 조업 중단과 같은 악영향을 끼치는 것을 알 수 있었다.

향후 이와 같은 판쏠림 형태의 직진 성능을 개선시키기 위해 설비 관리 및 압연 제어 측면에서의 연구가 앞으로 더 수행되어야 할 필요성이 있으며, 보다 정확한 판의 움직임을 분석하기 위해서는 사상압연기 전체 스탠드로의 확대 적용과 조압연기의 특정 스탠드, 그리고 권취기까지의 전반적인 측정시스템을 구축해야 하며, 기타 압연 정보와도 링크가 되어 있어야 특정 스탠드의 제어 성능이나 판 꼬임의 문제점을 분석할 수 있으리라 판단된다.

참고문헌

[1] V. B. Ginzburg, *High-quality steel rolling,* Marcel, Dekker, Inc, 1993.
[2] 진직 압연기술검토회 보고서, 住友金屬工業㈜ 和歌山製鐵所, 1996.
[3] 기술표준서(열연공정), POSCO, 1994.
[4] A. H. Slocum, *Precision Machine Design,* Prentice-Hall International Editions, 1992.
[5] E. O. Doebelin, *Measurement Systems Application and Design,* 4th ed., McGRAW-HILL, 1990.
[6] J. F. W. Gayler, C. R. Shotbolt, *Metrology for Engineers,* 5th ed., Cassell, 1990.
[7] 박준호, 정밀측정시스템공학, 야정문화사, 1993.
[8] Dalsa Databook, Dalsa Inc., 1994.
[9] TMS320C3x C Source Debugger User's Guide, © TI, 1993.
[10] TMS320C3x User's Guide, © TI, 1994.
[11] TMS320C32 User's Guide, © TI, 1995.
[12] ALTERA Data Book, Altera Corp., 1999.
[13] R. Jain and B. G. Schunck and R. Kasturi, *Machine Vision,* McGraw-Hill, pp. 149-161, 1995.
[14] 송승철, 김진헌, 박귀태, "다중 영상 데이터 처리를 위한 병렬 처리형 비젼 시스템의 설계", J. Institute of Inc. Tech., Korea Univ., vol 29, pp. 99-107, March, 1993.
[15] 류경, 김경민, 박귀태, "라인스캔 카메라 인터페이스를 갖는 실시간 영상 전처리 스템의 설계", 제어 · 자동화 · 시스템공학, 제3권 6호, pp. 626-631, 1997.



최 용 준

1993년 부산대 기계공학과 졸업. 1995년 동 대학원 기계공학과 석사. 1995년~2003년 6월 포항산업과학연구원 기전연구팀 근무. 2003년 7월~현재 포스코 기술연구소 공정제어연구그룹 근무. 관심분야는 센서 계측, 제어 시스템 설계 및 응용, 압연 라인 해석.

이 민 철

1983년 부산대학교 기계공학과 졸업. 1988년 쯔꾸바 대학교 대학원 석사. 1991년 동 대학 박사. 1991년~현재 부산대학교 기계공학부 정교수. 관심분야는 시스템 규명, 로봇제어, 메카트로닉스, DSP를 이용한 디지털 제어기 구현.

유 기 성

1998년 부산대학교 기계공학과 졸업. 2000년 동 대학원 기계공학과 석사. 2004년 동 대학 박사. 2004년~현재 포항산업과학연구원 기전자동화연구팀 근무 관심분야는 영상처리 기법, 자율이동로봇, 견실 제어, 차량 시뮬레이터.