

(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. ⁶ G01B 11/16	(11) 공개번호 (43) 공개일자	특2000-0040421 2000년07월05일
(21) 출원번호	10-1998-0056054	
(22) 출원일자	1998년12월18일	
(71) 출원인	재단법인 포항산업과학연구원	신현준
(72) 발명자	경상북도 포항시 남구 효자동 산 32번지 김필호 경상북도 포항시 북구 득량동 삼양가든빌라 303호 287번지 이준정 경상북도 포항시 남구 지곡동 756 교수숙소 비동 504호 756번지	
(74) 대리인	홍재일	

심사청구 : 없음

(54) 피라미드 영상열을 이용한 슬라브 캠버 측정 시스템

요약

본 발명은 제철소 열연공장의 조압연 공정에서 발생하는 캠버 현상을 컬러 CCD 영상에 의해 피라미드 영상을 추출 및 합성하여 그 결과를 토대로 자동으로 측정함에 따라 겨울철 압연 공정에서 발생하는 수증기 및 진동에 의한 측정도 저하 현상을 방지함과 아울러 고속으로 캠버를 측정할 수 있게한 피라미드 영상열을 이용한 슬라브 캠버 측정 시스템에 관한 것으로,

즉, 칼라 영상분석 시스템에 의해 입력된 합성 영상에 대해 피라미드 가우시안 샘플링을 적용한 후 최소 이미지에 대해 Emboss Filtering 을 하여 슬라브 영상 내의 값이 급격하게 변하는 밝기 값들을 평균화한 후 슬라브 윤곽선 검출을 용이하게 하기 위하여 모서리 강조를 하고, 가변폭 슬라브 모서리 검출 필터를 적용하여 이미지를 얻은 다음 피라미드 가우시안 샘플링의 역순으로 피라미드 가우시안 확대를 하며, 다음 단계의 피라미드 영상에서는 이전 피라미드 단계에서 검출된 수직 모서리 영역 내에서만 가변폭 슬라브 모서리 검출 필터를 적용하여 슬라브 수직 모서리를 검출하게 된 것이다.

대표도

도4

명세서

도면의 간단한 설명

- 도 1은 일반적인 조압연공정중 슬라브 캠버현상의 일예를 나타낸 구성도,
- 도 2는 본 발명의 실시예의 피라미드 영상열을 이용한 슬라브의 캠버 측정시스템을 개략적으로 나타낸 구성도,
- 도 3은 상기 슬라브 캠버 측정에 대한 알고리즘,
- 도 4는 본 발명에 사용된 피라미드 알고리즘을 설명하기 위해 피라미드 영상 열을 구하는 영상의 다운(Down) 샘플링상태도,
- 도 5는 피라미드 영상열을 이용한 슬라브 캠버 측정 알고리즘이다.

도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

- 10 : CCD 카메라
- 20 : 영상 분석 시스템
- 30 : 최상위 제어 시스템
- 31 : 모니터
- 32 : 조압연 제어 PLC
- 40 : 합성 영상

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 피라미드 영상열을 이용한 슬라브 캠버 측정 시스템, 보다 상세하게는 제철소 열연공장의 조

압연 공정에서 발생하는 캠버 현상을 컬러 CCD 영상에 의해 피라미드 영상을 추출 및 합성하여 그 결과를 토대로 자동으로 측정함에 따라 거울철 압연 공정에서 발생하는 수증기 및 진동에 의한 측정도 저하 현상을 방지함과 아울러 고속으로 캠버를 측정할 수 있게한 피라미드 영상열을 이용한 슬라브 캠버 측정 시스템에 관한 것이다.

일반적으로, 열간압연 가열로(Reheating Furnace)에서 1000~1100. C로 가열된 강괴(slab)를 마무리 압연(finishing mill)하기 위해 1차로 압연하는 단계를 조압연이라 하며, 이러한 조압연 공정에서 연신율차에 의해 압연소재가 그 판폭 방향으로 휘어지는 현상을 소위 캠버현상이라 한다.

도 1은 제철소의 조압연 공정에서 발생한 캠버현상의 일예를 나타낸 것으로, 열간압연 가열로에 설치된 한쌍의 압연롤(1) 사이를 압연소재(S)가 통과하는 과정에서 연신을 차이에 의해 그 판 폭 방향을 따라 평면상에서 Φ 각도 만큼 휘게되는 현상, 즉 캠버가 발생된다.

상기 캠버 현상은 두께정도 및 평탄도 등의 형상제어 못지 않게 제품의 품질을 좌우하는 중요한 요소이며, 이러한 캠버 발생은 제품생산의 실수율을 감소시킬 뿐만 아니라 심한 경우 압연롤(1)이 파손되거나 후공정의 작업에 영향을 미치게 되면서 생산성을 떨어뜨리는 원인이 된다.

또한 캠버는 폭 방향으로의 두께 불균일과 밀접한 관계를 맺고 있음으로 캠버 발생재의 감소는 엄격한 형상 보증을 원하는 수요가 들의 요구에 응하기 위해서라도 반드시 적정수준으로 관리해야 할 과제이다.

종래의 슬라브 캠버형상을 CCD 카메라로 측정하기 위한 기술로, 열간 압연시 후판의 선단부에 대한 횡정도를 실시간으로 측정하게 된 장치와 강판의 형상 측정장치 등이 공지되어 있다.

즉, 상기 열간 압연시 후판의 선단부 횡 정도에 대하여 실시간으로 측정하는 장치의 경우에는 슬라브 형상을 검출하기 위해 압연기 측면에 흑백 CCD 카메라를 설치하되 이에 자외선 필터를 부설하여 약 800~1000도의 슬라브에서 방출되는 자외선을 검출하였고, 강판 형상 측정장치의 경우는 3대의 선형(linear)형 CCD 카메라를 설치하여 슬라브의 캠버 형상을 측정하는 시스템이다.

그러나 상기 종래 기술의 CCD 카메라를 이용한 슬라브 형상 측정시스템은 공통적으로 단지 영상 하나만을 이용한 정보를 토대로 영상처리를 한 후 캠버를 측정함으로써, 슬라브 냉각 및 스케일 제거를 위해 분사하는 냉각수에 의해 발생하는 수증기가 많은 경우에는 이러한 현상에 대한 정보 부족으로 인하여 측정 정도가 매우 떨어지게 되는 문제점이 있었다.

즉, 종래의 CCD 영상 검출 시스템의 경우 고온의 물체에 대해 적외선 카메라나 흑백 카메라에 적외선 필터를 착용하여 고온의 슬라브 형상을 검출하였으므로, 이 경우 적외선으로 검출한 물체의 형상의 밝기와 수증기의 밝기가 큰 차이를 보이지 않게되어 정확한 모서리 검출이 어려웠던 것이다.

한편, 본 발명자는 상기 종래의 문제를 해결하기 위해 컬러 영상을 이용한 슬라브 캠버 측정시스템을 제안한 바 있으나, 이 기술은 슬라브 영상의 윤곽을 뚜렷하게 구하기 위해 합성이미지에 사용되는 윤곽선 추출 알고리즘이 시간이 오래 소요되면서 초기 패스의 경우 압연시간이 짧아 매우 빠른 계산을 위해 고비용의 영상 처리 시스템을 요구하게 됨에 따라 비용 및 측정 시간면에서 문제가 있었다.

발명이 이루고자하는 기술적 과제

본 발명은 상기한 종래의 CCD 카메라를 이용한 캠버 측정 시스템의 문제점을 감안하여 안출한 것으로, 그 목적은 컬러 영상합성을 이용하여 다양한 영상정보를 토대로 정확하고 신속하게 캠버를 측정할 수 있는 피라미드 영상열을 이용한 슬라브 캠버 측정시스템을 제공하는 것이다.

이러한 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 칼라 영상분석 시스템에 의해 입력된 합성 영상에 대해 피라미드 가우시안 샘플링을 적용한 후 최소 이미지에 대해 Emboss Filtering 을 하여 슬라브 영상 내의 값이 급격하게 변하는 밝기 값들을 평균화 한 후 슬라브 윤곽선 검출을 용이하게 하기 위하여 모서리 강조를 하고, 가변폭 슬라브 모서리 검출 필터를 적용하여 이미지를 얻은 다음 피라미드 가우시안 샘플링의 역순으로 피라미드 가우시안 확대를 하며, 다음 단계의 피라미드 영상에서는 이전 피라미드 단계에서 검출된 수직 모서리 영역 내에서만 가변폭 슬라브 모서리 검출 필터를 적용하여 슬라브 수직 모서리를 검출하게 됨을 특징으로 한다.

발명의 구성 및 작용

이하, 본 발명의 피라미드 영상열을 이용한 슬라브 캠버 측정시스템을 첨부도면에 의거하여 상세히 설명한다.

도 2는 본 발명의 실시예의 캠버 측정시스템의 전체구성을 나타낸 것으로, 본 발명은 고온의 슬라브 형상을 촬영하는 컬러 CCD 카메라(10)에 실시간으로 촬영된 영상을 전송 받아 캠버를 측정하는 영상 분석 시스템(Image Analysis System)(20)과, 슬라브의 정보와 패스 정보 및 측정 결과를 송수신 하는 열연 공장 최상위 제어 시스템(이하 SCC: Superior Control System)(30)으로 구성되어 있다.

상기 영상분석 시스템(20)에는 측정결과를 조압연 운전자에게 화면으로 보여주는 모니터(31)와, 측정된 캠버량을 조압연 제어에 적용하는 열연공장 조압연 제어 PLC(RM Control PLC)(32)가 연결되어 있다.

도 3은 본 발명의 캠버 측정 시스템의 동작 알고리즘을 나타낸것으로, 처음 시작할 때 통신 및 카메라 시스템이 정상적인지를 체크한 후 카메라 영상에 슬라브가 들어왔을 때의 화면의 변화를 검출한 후 영상을 저장한다.

저장된 영상데이터의 RGB와 CMYK영상에서 각각 R(적색)과 C(청녹색)의 영상열을 추출하여 추출된 각 영상을 에너지 비례로 합성한 다음 영상열을 가우시안 피라미드 알고리즘을 이용하여 2배씩 작은 영상열 3개를 생성한다.

도 4는 본 발명에 사용된 피라미드 알고리즘을 설명하기 위해 피라미드 영상 열을 구하는 영상의

다운(Down) 샘플링상태로서, 이 샘플링시 영상의 원 특성을 보존하고 샘플링에 의해 생기는 고주파 성분을 줄이기 위해 가우시안 샘플링(수학식 1)을 사용하였다. 가우시안 피라미드는 원 이미지에 대해 연속적으로 저대역 필터링한 영상이다.

즉, 다중-해상도 저대역 필터에 해당하는 가우시안 피라미드의 수학식은 다음과 같다.

원 영상 이미지를 G_0 라 두고, G_{n-1} 을 피라미드의 최상위 단계라고 하면, 0에서 N 까지의 각 단계는

$$G_l = REDUCE(G_{l-1}),$$

$$G_l = \sum_{m,n=-2}^2 W(m,n)G_{l-1}(2i+m, 2j+n) \quad (\text{식 1})$$

으로 나타내어진다.

이때 가중치 함수 W는 생성 커널(Generation Kernal)이라 하며 이것은 다음 수학식 2의 4가지 조건을 만족한다.

$$\text{Let, } W=a, \quad W(-1)=W(1)=b \text{ 그리고 } W(-2)=W(2)=c$$

1. 분리성(*Separable*) : $w(m,n) = w(m)w(n)$,

2. 정규화(*Normalized*) : $\sum w(m) = 1$,

3. 대칭성(*Symmetric*) : $w(m) = w(-m)$,

4. 균등 분포(*Equal contribution*) : $a + 2c = 2b$ (식 2)

이 세 개의 가중치로써 2차원으로 확장하게 되면 5x5의 필터가 되면서 다소 산만한 샘플링이 이루어지나, 이것이 피라미드의 각 단계마다 중첩되므로 최종적인 모양은 가우시안 필터에 근접하게 된다.

본 발명자가 선출원으로 제안한 컬러 영상을 이용한 슬라브 캠버 측정 시스템에서 영상 합성후 처음으로 적용되었던 필터인 윤곽선 추출 알고리즘의 역할이 슬라브 윤곽 내부의 노이즈를 제거하여 슬라브 수직 모서리 검출이 쉽도록 하는 역할이었던 것을 상기하면, 가우시안 피라미드의 역할 역시 반복적인 저대역 필터링으로 슬라브 윤곽내의 노이즈를 제거하는 동일한 역할을 하게 된다.

이렇게 처리된 합성 영상으로부터 슬라브 윤곽을 추출하기 위하여 도 5과 같은 영상 특징 추출 알고리즘을 적용한다.

즉, 입력된 합성 영상(40)에 대해 피라미드 가우시안 샘플링을 적용한 후 최소 이미지(41)에 대해 Emboss Filtering(식 3)을 하여 슬라브 영상 내의 값이 급격하게 변하는 밝기 값들을 평균화 한 후 슬라브 윤곽선 검출을 용이하게 하기 위하여 모서리 강조(Edge Enhancing)(42)를 한다.

본 발명자가 선출원에서 제안한 컬러 영상을 이용한 슬라브 캠버 측정 시스템의 가변폭 슬라브 모서리 검출 필터를 적용하여 이미지(43)를 얻은 다음 피라미드 가우시안 샘플링의 역순으로 피라미드 가우시안 확대를 한 후 다음 단계의 피라미드 영상에서는 이전 피라미드 단계에서 검출된 수직 모서리 영역 내에서만 가변폭 슬라브 모서리 검출 필터를 적용하여 슬라브 수직 모서리를 검출한다.

즉, 전체 영상에 대해 모서리 검출을 시도하지 않고 이전 단계에서 찾은 도 5의 도면부호 44와 같이 수직 모서리가 검출된 영역내에서만 모서리 검출을 시도하므로 수직 모서리 검출 시간이 더욱 단축되게 된다.

여기에서 이전 단계에서 검출된 수직 모서리 영역은 다음 단계의 수직 모서리 검출시에 수직 모서리 검출을 찾을 영역으로만 역할을 한다.

이 알고리즘은 가장 최소 이미지에서 검출된 수직 모서리를 좀더 세밀하게 만드는 역할을 하게 되고 단계별 출력 결과(43)(45)(46)를 보면 수직 모서리가 점점 더 세밀하게 되어 가는 것을 볼 수 있다.

최종 출력된 수직 모서리에 대해 본 발명자가 제안한 컬러 영상을 이용한 슬라브 캠버 측정 시스템과 동일하게 출력 결과를 계산한다.

- Emboss 필터링

화면의 밝기를 Bias시키는 것으로 운전자가 슬라브 윤곽을 쉽게 인식할수 있게 한다.

$$F = \frac{\left(\sum_{j=1}^n P_i C_i \right)}{D} + B \quad (\text{식 3})$$

F : 목표 영상의 필터링된 값, P : 입력 영상밝기, C : 행렬 계수, D : 분할 계수, B : 편중치

본 발명의 고속 알고리즘으로 인해 계산시간이 3배이상 향상되었으며, 단축된 측정시간으로 인해 슬라브가 조압연기에서 각 패스별로 입·출을 반복할 때 조압연기에서 나올때의 영상을 저장하고 다시 압연을 위해 들어갈때의 영상을 검출하여 매 패스별 2번의 검출을 시도한 후 그 결과의 평균값을 사용하여 더욱 측정의 정밀도를 높였다.

이상의 측정관련 요소들을 포함하는 본 발명의 슬라브 캠버 측정장치를 설치완성한 후 슬라브 500매에 대해 실 측정을 실시해 보았다.

500매의 샘플 슬라브 데이터 내에는 수증기가 심한 경우와 없는 경우가 모두 포함되어 있으며 그 결과를 아래 표 1에 나타내었다.

여기에서 나타난 바와 같이 본 발명을 적용한 경우에는 이전 컬러 영상을 이용한 슬라브 캠버 측정 시스템 방식에 의한 측정에 비해 측정시간 및 검출 능력이 더욱 개선되었음을 잘 알 수 있다.

항 목	본 장치를 이용한 캠버 검출	본 발명자기 기 제안한 '컬러 영상을 이용한 슬라브 캠버 측정 시스템'
수증기가 없을 경우	100%	100%
수증기가 있을 경우	97%	95%
계산시간	3초	10초

발명의 효과

이와 같은 본 발명의 피라미드 영상열을 이용한 슬라브의 캠버 측정시스템은, 컬러 CCD 카메라에서 촬영된 영상열을 추출하여 추출된 각 영상을 에너지 비례로 합성한 다음 영상열을 가우시안 피라미드 알고리즘을 이용하여 2배씩 작은 영상열 3개를 생성함에 따라, 정확하고 신속하게 캠버현상을 측정할 수 있는 효과가 있다.

또한 주변의 열악한 측정환경이나 기후의 영향을 받지 않고 안정적으로 측정하여 열연 코일의 치수 및 품질 향상에 기여할 수 있는 장점도 있다.

(57) 청구의 범위

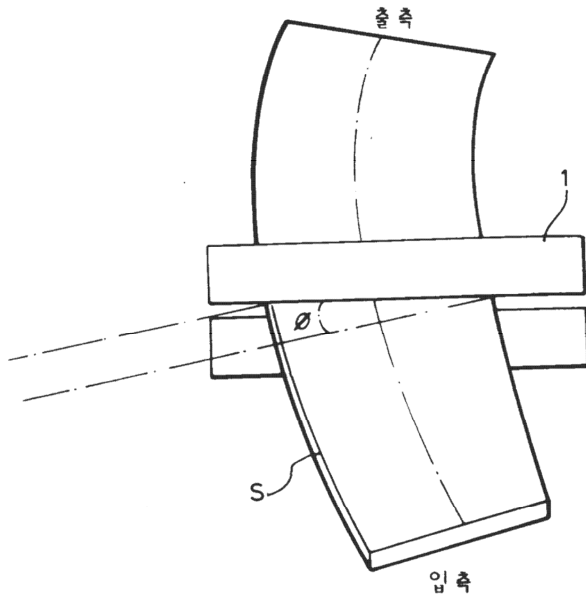
청구항 1

슬라브(S)의 형상을 촬영하는 컬러 CCD 카메라(10)로부터 영상을 전송받아 영상합성을 합성하는 알고리즘과 캠버 추출 알고리즘을 가진 영상분석 시스템(Image Analysis System)(20)과, 각종의 슬라브(S) 정보와 패스 정보 및 측정 결과를 송수신 하는 슬라브 모서리 검출 알고리즘을 구비한 최상위 제어 시스템(SCC; Superior Control System)(30)으로 구성되어 캠버현상을 측정함에 있어서,

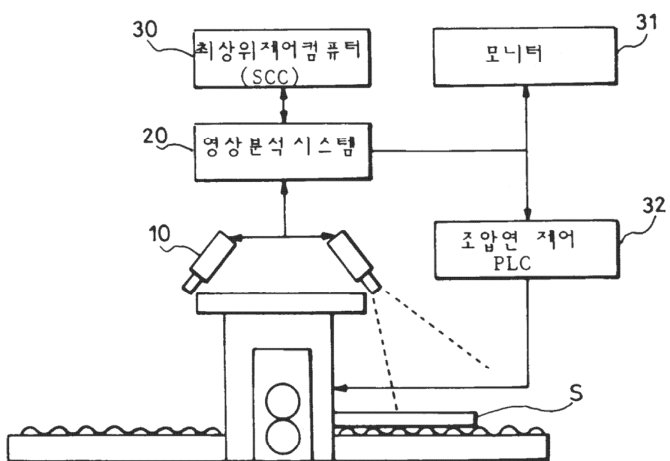
상기 영상분석 시스템(20)에 의해 입력된 합성 영상에 대해 피라미드 가우시안 샘플링을 적용한 후 최소 이미지(41)에 대해 Emboss Filtering 을 하여 슬라브 영상 내의 값이 급격하게 변하는 밝기 값들을 평균화 한 후 슬라브 윤곽선 검출을 용이하게 하기 위하여 모서리 강조(Edge Enhancing)(42)를 하고, 가변폭 슬라브 모서리 검출 필터를 적용하여 이미지(43)를 얻은 다음 피라미드 가우시안 샘플링의 역순으로 피라미드 가우시안 확대를 하며, 다음 단계의 피라미드 영상에서는 이전 피라미드 단계에서 검출된 수직 모서리 영역 내에서만 가변폭 슬라브 모서리 검출 필터를 적용하여 슬라브 수직 모서리를 검출하게 된 구성을 특징으로 하는 피라미드 영상열을 이용한 슬라브의 캠버 측정시스템.

도면

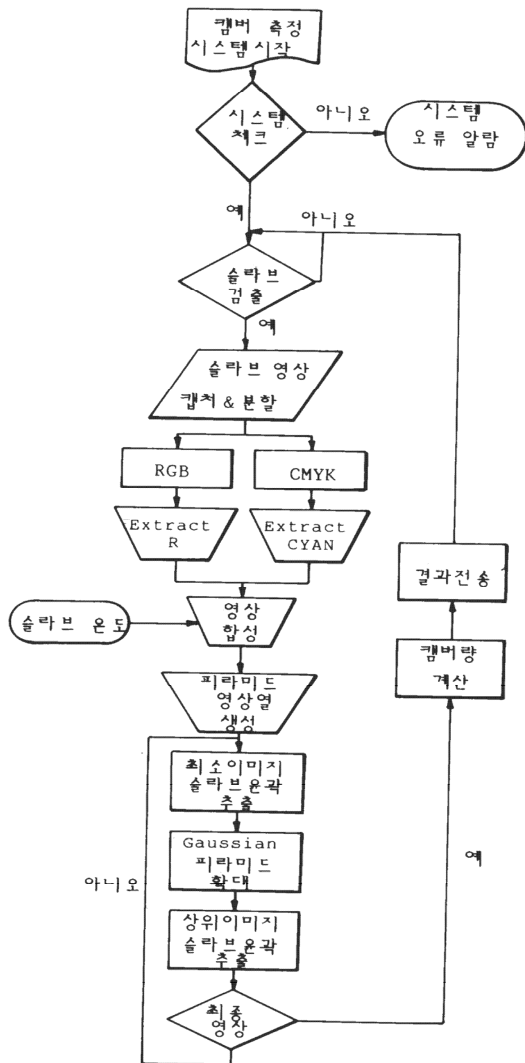
도면1



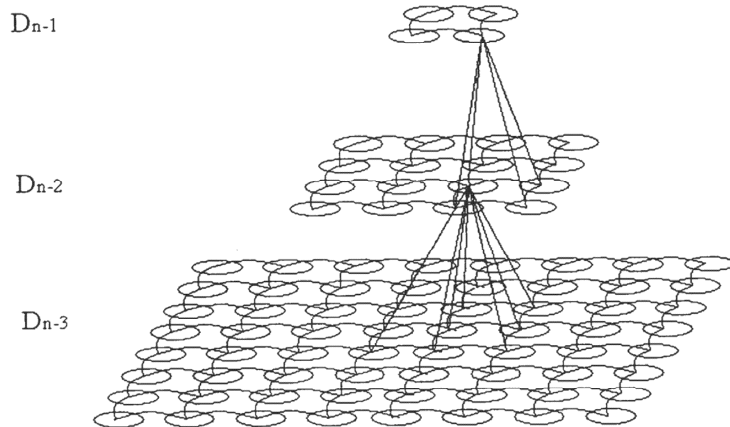
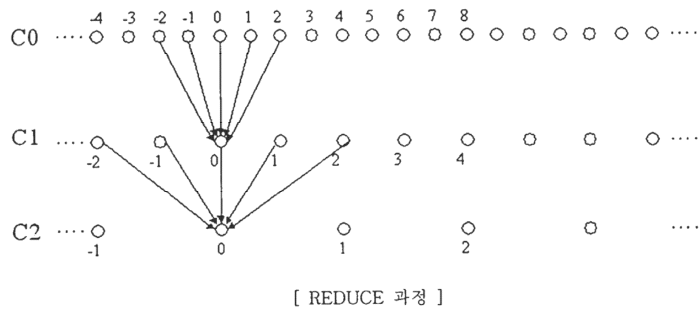
도면2



도면3



도면4



도면5

