

모드법에 의한 Ladle 열영상의 버블크기 보정

김태수* · 전중창**

*위덕대학교 · **진주산업대학교

A Revision of Bubble Size of Ladle Hot Images by Mode Method

Tae-Soo Kim* · Joong-Chang Chun**

*Uiduk University · **Jinju National University

E-mail : tskim@uu.ac.kr

요 약

본 논문에서 제안하는 버블(Bubble) 크기 보정 기법은 영상의 히스토그램의 모드법에 의한 최적의 임계값을 결정함으로써 버블의 크기를 정확하게 측정하는 기술이다. 제안하는 기술은 Ladle 탕면을 관측할 수 있는 CCD 카메라에 의한 측정시스템을 구현하며, 관측된 영상으로부터 탕면거리, 버블크기 등을 알고리즘에 의해 구하여 탕의 용강 성분을 제어하기 위한 데이터를 제공하기 위하여 전송하게 된다. 본 논문에서 제안한 기법을 적용하여 실험한 결과 기존의 알고리즘에 의한 단순한 계산 및 히스토그램의 중간치 계산에 의한 결과와 비교하여 0.9%의 오차범위에서 개선된 버블크기를 얻을 수 있었다.

키워드

모드법, 히스토그램, 임계값, 버블크기 보정, 관측시스템

1. 서 론

일관제철에서 쇳물을 녹여 철강제품을 만드는 과정은 제선, 제강, 압연과 같은 제조공정을 거치게 된다. 첫째 제선공정에서 고로에 장입된 철광석이 쇳물로 나오기까지는 5~6시간 정도가 소요되며, 이때 쇳물의 용도는 1,500도씨까지 올라간다. 이 쇳물(용선)에는 철성분 이외에도 탄소(C)나 유황 등 불순물이 함유되어 있다. 다음 단계로는 제강공정인데 고로에서 녹아나오는 쇳물의 성분은 철광석의 종류 및 산지에 따라서 각기 달라질 수 있고, 균질한 제품의 철강을 생산하기 위해서는 용융된 쇳물의 성분을 조절할 필요가 있다. 이를 위해서 쇳물 속에 함유된 불필요한 물질은 규소, 탄소, 황, 인 등을 분리해 내는 제조 과정이 전로이다. 전로에서의 처리 방법도 과거에는 단순히 공기를 불어줌에 따라 대기 중의 75퍼센트를

차지하는 질소가 불순 성분으로 문제가 되었으나, 최근에는 산소를 불어주는 방법이 공업화되어 실용화에 이르렀다. 산소를 불어 넣는 방법도 전로의 용기 윗부분과 바닥 부분에서 각각 따로 불어 넣는 방법과 최근에 개발된 아래 위에서 동시에 가스를 불어 넣는 방법이 있다. 전로에 불어넣는 가스로는 일반적으로 산소와 불활성 가스를 사용하며, 산소와 함께 생석회 분말을 불어넣는 방식도 있다. 철광석 대부분이 강의 성질에 좋지 않은 인(P) 성분을 함유하고 있어 강을 제품으로 형상화할 때 흠집이 생기게 된다. 이때 불순 성분인 인을 제거하는 과정 중에서 슬래그가 발생하는데 이 슬래그는 강한 염기성을 띠고 있다. 슬래그가 끼지 않은 깨끗한 상태인 탕이 나탕이다. 여기서 나탕을 만들기 위해서는 알맞은 양의 주입가스 또는 생석회 분말 등을 조절이 필요하게 된다.

지금까지는 Ladle 내부를 볼 수 있는 방법이

없었기 때문에 전로의 처리 후에 나오는 용강의 특성에 따라 적당한 량을 조절할 수밖에 없었다. 이러한 Ladle의 내부 상태를 정확하게 파악할 수 있다면 주입되는 가스의 양과 분발의 양을 보다 정확하게 조절할 수 있기 때문에 탕면의 관측이 반드시 필요하다. 본 논문에서는 초고온용 특수 Housing 기술을 이용하여 CCD카메라를 열로부터 보호하고, 탈 부착시 동일한 위치에 정확히 장착될 수 있도록 상황을 충분히 고려한 메커니즘으로 관측 장치를 설계한다. 그리고 반복 회전에 대응하기 위해서 디지털 무선전송 송수신 장치를 사용한다. 주 메인 관측시스템에서는 실시간으로 동영상상을 관측 할 수 있고, 관측된 데이터를 메인 PC에 전송하는 관측시스템을 구성한다. 그리고 관측된 데이터의 신뢰성을 극복하기 위하여 잡음 제거를 행하고, Ladle 열영상상의 버블크기를 정확히 측정하기 위하여 모드법에 의하여 크기를 보정한다. 실제 크기의 Ladle 제원에 따른 실험을 통하여 버블크기를 측정하기 위한 기존의 방법과 본 논문에서 제안한 방법에 의한 버블크기를 비교 검토를 행한다.

II. 열영상 관측시스템

2.1 관측시스템 구성

Ladle 에 카메라를 장착하여 초고온 탕면을 촬영한 영상 데이터를 보내는데 사용하는 송수신기를 포함한 전체 조감도를 그림 1에 나타낸다.

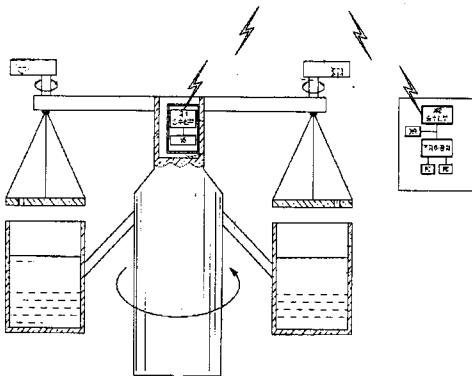


그림 1. 무선송수신 장치 개념도

그림 1에서 양쪽 편에 달려있는 부분이 Ladle 이며, 그 상층부에 있는 것이 카버이다. 카버에는 Ladle 내부를 카메라를 통하여 들여다보기 위한

홀이 있다. 그리고 중앙부에 위치한 송수신기는 카메라로부터 획득된 영상데이터를 보내기 위한 무선송수신기이다. 그리고 이 데이터를 수신하기 위한 장치가 제일 오른쪽에 위치한 송수신 장치이다.

그림 2는 Ladle 관측시스템의 전체 구성도를 보인다. Ladle 내부는 고온 상태이므로 카메라를 보호하기 위해서 Housing처리를 행하며, 카메라에서 출력되는 영상 스트림은 서버를 통해서 저장되고, 저장된 영상데이터는 무선전송장치와 AP를 통하여 주 조정장치에 보내지게 된다.

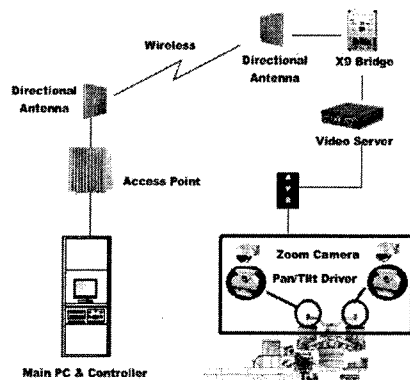


그림 2. Ladle 관측시스템

송수신기 간의 최대(MAX) 이격거리는 21Km까지 송수신이 가능하며 실제 현장에서 필요한 거리는 100m내외에 위치하기 때문에 영상데이터를 전송하는 시스템을 구성하는데 전송거리상의 문제를 야기하지는 않는다.

2.2. 버블 측정 및 분석 시스템

열영상의 주 조정장치는 나탕의 크기 및 버블의 크기, 나탕의 동영상 화면, 버블크기를 실시간으로 나타내는 화면, 그리고 분석시스템 화면으로 구성되어 있다. 여기서 그림 3은 버블측정 및 분석 시스템을 나타낸다.

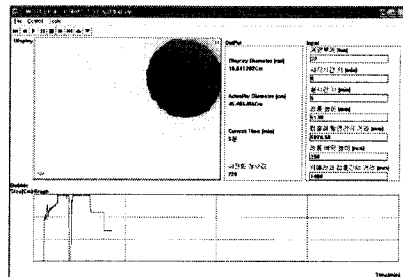


그림 3. 버블 측정 및 분석 시스템

상기 그림에서 메인조정화면은 버블의 화면상 크기와 버블의 실제 크기를 나타내는 그래프를 포함하여 나타내며 스펙트럼 분석 등의 화면 구성은 하단의 메뉴를 클릭하면 나타나게 된다.

III. 버블크기 연산 알고리즘

3.1. 버블크기 연산 알고리즘

Ladle 관측시스템의 주요한 기능은 Ladle 의 탕면에 나타나는 버블의 크기를 알아내어 그 크기에 대한 정확한 정보를 제공함으로써 조업의 조건을 조정하는데 기여하게 된다. 따라서 본 논문에서는 버블의 크기를 결정하기 위해서 우선 다음에 나타내는 알고리즘으로 계산을 행한다.

그림 3에서 좌측 화면의 나탕은 Ladle 내부의 전체 열영상 크기를 나타낸다. 그 중에서 일부분에 속하는 버블의 크기는 그림 4의 알고리즘을 통해 구한 나탕의 지름을 가지고 구하게 된다.

버블의 크기는 열영상으로부터 히스토그램을 구하고 2진화 처리를 통하여 나탕의 히스토그램의 크기와 버블의 히스토그램 크기를 비교하여 비를 구하고 실제의 나탕의 지름과 대비하여 구하게 된다. 알고리즘에서 총용적(무게)는 V로서 나타내면, $V = 1/3\pi(R^2 + r^2 + R*r)h$ 이다. 그리고 총무게 = $(V/1000) * 7.85$, 여기서 R은 상부, r은 하부 반경, h는 높이를 나타내며 다음 7 단계의 연산을 통하여 나탕의 실제 직경을 계산하게 된다.

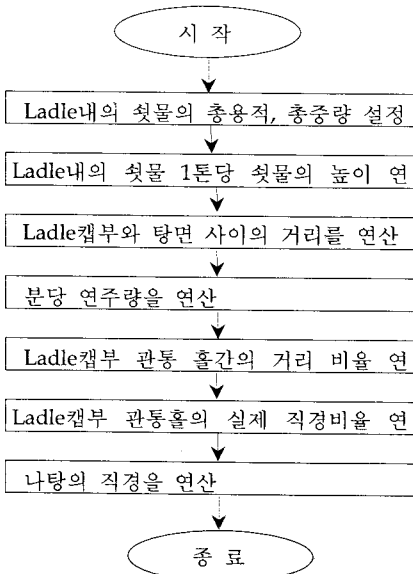


그림 4. 나탕의 직경을 구하는 알고리즘

3.2. 모드법

배경과 선 요소 부분간의 비율이 일정하지 않은 경우 영상을 명도 히스토그램으로 작성하면 쌍봉선의 히스토그램이 얻어진다. 이런 종류의 히스토그램은 명도가 넓은 영역에 분포되어 있는 경우에는 히스토그램은 대개 산과 계곡의 형태로 나타나게 된다. 이와 같은 경우에 히스토그램에서 산사이의 계곡에 해당하는 명도점을 이진화의 임계값으로 하는 방법이 모드법이다.

영상 중에서 대상 도형하고 배경의 명도값의 차가 큰 경우, 히스토그램은 명확한 차이가 생기므로 본 방법이 용이하게 적용된다. 따라서 본 논문에서 열영상의 버블 크기를 연산하는데 모드법의 사용함이 P-타일법이나 중간치 계산 등에 비하여 적용이 용이한 방법이라고 할 수 있다.^[4]

Ladle의 전체 나탕과 버블의 영상의 명도차가 큰 경우에 히스토그램은 명확한 차이가 생기므로 본 방법이 잘 적용된다고 볼 수 있다. 그러나 잡음이 많은 영상이나 복잡한 영상에서는 히스토그램에 명확한 계곡이 생기지 않으므로 적용이 어려워 질 수 있기 때문에 디지털 평활화 필터를 사용하여 잡음 제거를 한 후에 모드법을 사용하여 버블의 크기를 측정하게 된다.

모드법에서는 적당한 임계값 결정을 위하여 다음과 같은 단계의 알고리즘을 적용한다. 즉, 히스토그램에서 어느 정도 이상 떨어져 있는 2개의 그레이 레벨 $g(i), g(j)$ 에서 국부 최대점을 찾는다. 그리고 히스토그램에서 $g(i), g(j)$ 사이의 제일 낮은 점을 찾는다. 그리고, 다음은 $\min(H(g(i)), H(g(j)))/H(g(k))$ 로 정의되는 최대점을 찾는다. 영상을 이진화하는 임계값으로 가장 높은 최대점을 가지는 $g(k)$ 를 사용한다.

IV. 실험 및 결과

실험을 위하여 카메라와 Cap Hole 간의 거리가 1,400mm이고 Ladle 길이가 5,000mm, Ladle 바닥층 높이가 400mm, Ladle 상단 반지름이 1,900mm, Ladle 하단 반지름이 1,800mm, 총용적이 418톤에 대하여 연주시간 20분 경과한 경우에 실험을 행한다.^[5] 그림 4의 알고리즘에 따라 계산한 결과를 다음 표에 나타낸다.

표 1. 알고리즘에 따른 항목별 계산 값

항목	계산값	단위
부피(V)	50.522	m ³
무게(W)	397	톤(t)
톤당 높이	1.184	Cm/t
Cap-탕면	174.03	Cm
분당 연수 톤수	8.33	t/Min
Camera-Cap:Camera-탕면 비율	2.36	
Cap Hole 비율	3.7	
Bubble 지름	19.25	Cm

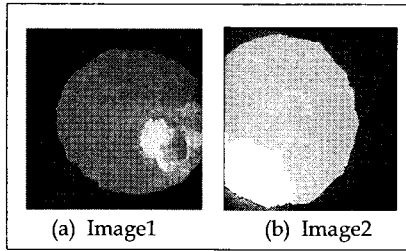


그림 5. 버블 캡처 영상

상기의 정지 칼러 영상을 그레이 스케일로 변환하여 히스토그램을 중간치 임계값에 의하여 계산한다. 이렇게 계산된 히스토그램으로부터 홀 값과 버블 값을 계산하게 되는데 다음 그림의 히스토그램에서 제일 우측 값이 버블 값이며 중간 값이 홀이고 제일 좌측 값이 흑색에 가까운 배경을 나타낸다. 프로그램에서는 실제 탕면의 지름 크기를 300cm로 정하여 계산을 행하였다. 그 결과 Image1에서는 버블의 값이 2,199, 홀 값이 33,431이고 실제 버블 직경 크기는 약 18.51cm를 얻을 수 있었다.

그림 6의 분석시스템에서는 열영상의 잡음을 제거하기 위하여 FFT 및 평활화 필터 처리를 실시한다. 또한 그림에 나타난 바와 같이 왼쪽 위가 원 열영상이고 우측이 히스토그램이다. 그리고 왼쪽 아래가 FFT 후의 2차원 스펙트럼이고, 그 다음이 평활화 필터 처리 후에 IFFT 처리한 열영상이다. 히스토그램 우측에 나타난 숫자는 나탕 히스토그램, 버블 히스토그램, 그리고 버블의 지름을 각각 나타낸다.

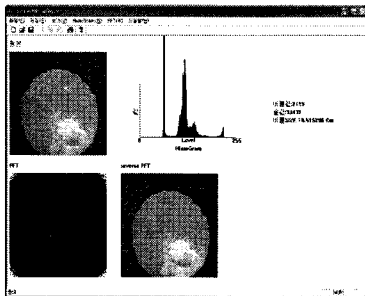


그림 6. 분석시스템의 버블 히스토그램

다음은 임계값에 따른 버블 크기를 다음 표에 나타낸다.

표 2. 임계값별 버블크기 (단위:cm)

Threshold	70	75	80	100	150	200
Image1	x	18.65	18.51	18.51	18.77	18.79
Image2	x	55.03	55.03	55.33	55.38	55.33

표 2에서 나타난 바와 같이 x로 표시한 임계치가 70 이하의 경우는 버블 크기가 홀 크기보다 증가하므로 75 이상의 버블 크기를 선택한다. 이 경우에 Image1에서 80과 100의 경우 18.51로 변화가 가장 적다. 또한 Image2에서도 100과 200의 경우가 동일한 결과를 나타내는 것을 알 수 있다. 따라서 적절한 임계값을 100으로 기준을 잡아서 처리하였다.

다음은 그림 5(a)의 Image1 영상에 대하여 실험을 한 결과 원영상과 잡음이 혼재된 영상을 평활화 필터를 통과하여 얻은 영상에 대하여 모드법에 의하여 구한 결과 버블의 값이 2,001이며 홀 값이 33,629이고, 실제 버블 직경 크기는 약 16.85cm 크기로 기존의 중간치 임계값에 의한 경우에 비하여 0.9%의 오차를 줄일 수 있었다.

V. 결 론

일관제철에서 초고온 환경 하에 Ladle 탕면의 버블에 대한 정확한 크기를 확인할 수 없었기 때문에 종래에는 경험에 의한 불순물 제거를 할 수 밖에 없었다. 그러나 본 연구를 통하여 목적하는 버블 영상크기의 데이터를 얻을 수 있게 되었으며 획득한 데이터를 제강 현장에서 불순물 제거를 할 수 있는 정보를 제공할 수 있게 되었다. 정보를 제공함에 있어서 영상전송에서 발생하는 Noise의 문제를 디지털 평활화 필터 처리를 통하여 제거하고, 영상의 크기는 히스토그램의 방법을 통하여 확보하였다. 기존에는 중간치에 의한 임계값을 이용한 방법이었으나 본 연구에 의한 방법을 적용하여 0.9%의 오차범위에서 개선 할 수 있었다.

참고문헌

- [1] A. Papoulis, " The Fourier Integral and its Applications ", New York : McGraw-Hill, 1962
- [2] M. Nowogrodzki, R. Kipp, D. Mawhinnery, "Radar Instruments: Sensors for Industrial Applications", RCA Engineers, Vol. 27. No. 5, pp. 23-29. Oct., 1982
- [3] A. V. Oppenheim and R. W. Schaffer, "Digital Signal Processing", Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1975
- [4] H.S. Sawhney, Y. Guo, J. Asmuth and R. Kumar, "Multi-View 3D Estimation and Application to Match Move", In proc. IEEE MVIEW, pp.21-28, 1999
- [5] 김태수, 전중창, "CCD카메라를 이용한 Ladle 열영상 관측시스템", 2007년도 추계종합학술대회, 한국해양정보통신학회, Vol.11, No.2, pp.893-896, 2007