Proceedings of the 11th
KACC, October 1996

전로 화염 인식에 관한 연구

A study on the flame recognition technique of an oxygen blown converter

류창우*, 채홍국*, 은종호*

포항산업과학연구원 공정자동화팀(Tel: 279-6740; Fax: 279-6599;
E-mail:cwreeu@risnet.rist.re.kr)

Abstract: In this paper, we propose the method to find the active region of flame which is produced within the gap between an oxygen blown converter and a skirt. For real-time image processing, basic region segmentation algorithms such as thresholding and XORing are used to segment the active region of flame. The result of this processing may be useful to clear the relationship between hood pressure and flame.

Keyword : flame recognition, active region of flame, region segmentation.

1. 서론

공업적으로 사용되는 철은 필연적으로 소위 5대원소라고 하는 C, Si, Mn, P, S를 함유하고 있다. 철의 조직과 기계적 성질은 이러한 불순 성분들에 의해 크게 변하게 된다. 특히 용선 중에 다량 함유되는 탄소는 철의 연성을 악화시키는 요인이 된다. 이를 제거키위한 탈탄 공정을 전로 정련 공정이라 하는데 1856년 Bessemer 전로가 개발된 이래 발전을 거듭하여 1952년에 산소제강법으로서 LD 전로가 공업화되면서 부터 품질이 우수한 강의 대량생산이 가능하게 되었다.

산소제강법은 전로 내 용선에 산소를 불어넣어 용선 내 탄소와 반응을 시켜 CO (LD gas) 가스를 배출시킴으로서 제강을 하는 방법이다. CO 가스는 전로 배가스임에도 불구하고 그 열량이 매우 높아 미연소 상태로 냉각 집진하여 회수 혹은 연소 방산한다. 이 설비를 OG 설비라고 하는데, 순도 높은 LD 가스 회수를 위해 후드내 압력을 일정하게 유지하여 외부 공기 유입 및 LD 가스 대기 방출을 막는 방법들이 많이 연구되어 왔다[1][2].

본 논문에서는 외부 공기 유입 및 유출의 판단 근거로 하여 궁극적으로 후드 내 압력을 제어하기 위해서 취련중 노구에 발생하는 전로 화염을 영상 처리[3][4]하는 방법을 제안한다. .

2. 활성 화염의 정의 및 정량적 추출

취련공정을 수행하는 취련사는 후드 내 압력을 일정하게 유지키 위해 화염의 육안 판단을 근거로 하여 스커트 상하 조작, PA damper 개폐 조작을 한다. 이러한 조업을 자동제어 하려면 화염의 육안 판단을 대체할 수 있는 영상 처리기와 그 결과를 토대로 후드 압력을 제어하기 위한 제어기가 필요하다. 본 논문에서는 제어기 설계에 앞서 화염의 육안 판단을 대체할 수 있는 영상 처리기를 설계한다.

전로 입구에 나타난 화염의 특징은 후드압(P_h)이 대기압(P_o)보다 높을 때, 그림 1(a)와 같이 후드 밖으로 나오며, 후드압(P_h)과 대기압(P_o)이 같을 때, 그림 1(b)와 같이 화염의 유출이 없으며, 후드압(P_h)이 대기압(P_o)보다 낮을 때는 그림 1(c)와 같이 외부 공기 유입과 더불어 화염이 후드내부로 빨려 들어간다. 이러한 화염의 특징을 정량적으로 처리하기 위해서 시간에 따라 변화하는 영역인 활성영역만을 영영

확(segmentation)해야 할 필요가 있다.

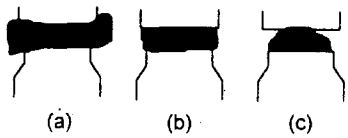

그림 1. 후드압에 따른 화염 패턴
fig.1 . frame patterns dependent on hood pressure.

image grabber 에서 잡은 연속된 두 프레임을 f_k, f_{k+1} 이라고 할 때, f_k 과 f_{k+1} 간을 비교하여 변화된 화염 부분만을 추려내는 방법을 살펴본다.

우선, 두 프레임 f_k, f_{k+1} 에서 화염 부분만을 인식하기 위해 thresholding 기법을 이용하여 영역화를 한다.

$$p(i,j) = \begin{cases} 255, & \text{if } p(i,j) > Th \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \qquad (1)$$

여기서, p(i,j)는 프레임을 2 차원 배열형태로 나타낸 것이다. p(i,j)는 해당 픽셀의 밝기에 비례하는 greyscale 값 (0~255)을 나타내는 데, 화염은 매우 밝은 영역을 차지 하기 때문에 영역화를 위해 문턱값 Th = 220 을 사용한다.

연속된 두 화염 프레임으로부터 활성 영역을 구하기 위해서 이진화 된 두 프레임의 각 픽셀 값을 서로 XORing 하여 두영상의 변화된 부분만을 이진화 코드 '1'로 나타낸다. '1'로 표시된 부분은 새로 생기거나 소멸된 화염 부분을 의미한다.. 즉 연속된 두 프레임에서 변화된 부분만을 취하고, 변화되지 않은 부분은 활성 영역에서 제외시킨다.

3. 실험 결과

앞 장에서 언급한 화염 검출기와 활성 영역 검출기를 취련중의 임의의 연속된 두 프레임을 상대로 실험을 하였다. 연속된 두 프레임의 가공되기 전의 형태는 그림 2, 그림 3 과 같다. 그림 3 의 화염을 찍는 시점에서 새로이 형성된 활성 영역을 추출하기 위해 식 1 에서 제시한 Thresholding 방법을 이용하여 화염만을 영역화 하면 그림 4 와 같고 그림 3 의 화염 2 는 그림 5 와 같이 나타내어진다.

이 두 결과를 XOR 기법을 이용하면 새로이 생성된(혹은 소멸된) 활성 영역을 그림 6 과 같이 쉽게 얻을 수 있다.

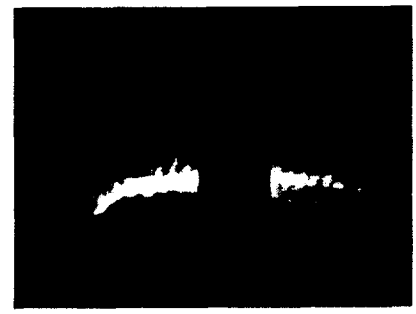

그림 2. 노구간의 화염 1
fig. 2. The flame 1 within converter mouth

그림 3. 노구간의 화염 2
fig.3. The flame 2 within converter mouth

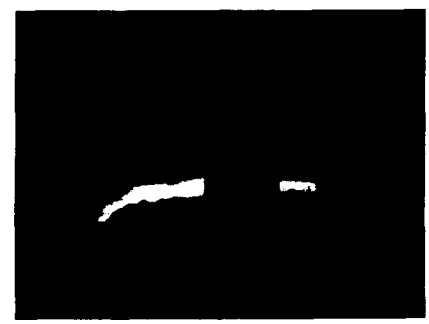

그림 4. 화염 1 의 영역화
fig. 4. Segmentation of the flame 1

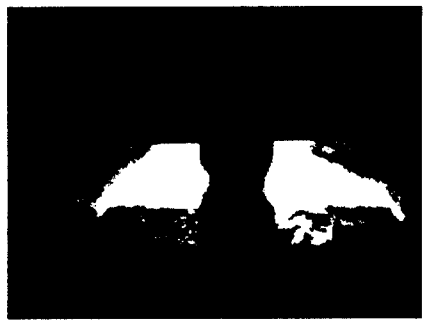

그림 5. 화염 2의 영역화
fig.5. Segmentation of the flame 2

그림 6. 화염의 활성 영역
fig. 6. The active region of flame

그림 6의 활성 영역을 살펴보면 갑자기 부풀은 화염 만을 볼 수 있다. 활성 영역의 화염을 정량적으로 측정하기 활성영역에 해당하는 픽셀의 수를 센다.. 취련공정기간 (약 17분)동안에 활성 화염이라 인식되는 픽셀만을 세어 히스토그램을 그리면 그림 7과 같다. 그림 8에 나타낸 후드압과 비교하여 볼 때, 히스토그램의 변동이 심할 때, 후드압이 대체적으로 높음을 알 수 있다.

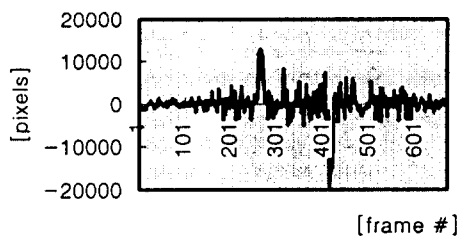

그림 7. 활성화염의 정량적 변동 곡선.
Fig. 7. Histogram of active flame.

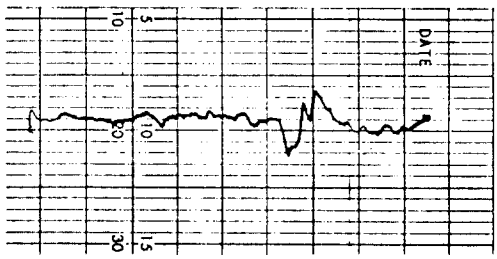

그림 8. 후드압력의 변화곡선
Fig. 8. Hood pressure

4. 결론 및 추후 과제

본 연구에서는 산소제강공정에서 발생한 전로 화염을 인식하는 기법을 제안하였다. 두 연속된 프레임으로 부터 화염만을 추출하고 그 결과를 이진화 한 뒤, 활성 영역 검출을 통해 외부 공기 유입 혹은 배가수 유출량의 판단 근거, 즉 후드 내 압력의 변화를 추측할 수 있는 근거를 제안하였으며 실제 측정된 후드 압력과 비교하여 보았다. 추후로 화염과 후드 압력간의 상관관계를 밝혀 궁극적인 목표인 일정 후드 압력을 위한 제어기를 개발하고, 이를 토대로 안정된 취련조업과 고순도 배가스(CO gas) 회수를 이루려 한다.

참고문헌

[1] D.J. Haworth, C.M. Hemming, "Suppressed combustion gas collection and recovery systems," *Iron and Steel Engineer*, pp. 25-30,May, 1995.

[2] Y.Y.Treister, G.A.Izmailov, M.R.Reiss, Y.D.Grigor'yan, L.A.Bodunov, "Automation systems of the removal of converter gases without combustion," *Steel in the USSR*, pp. 82-84, Feb, 1975.

[3] R.C.Gonzalez, R.E.Woods, "Digital Image Processing," *Addison Wesley Pub.*, pp.47-61, 1992.

[4] J.C.Russ, "The Image Processing Handbook,", *North Carolina State University CRC Press*, pp. 225-338, 1992.