

전도도법에 의한 산소열법용광로의 슬라크특성측정체계

리근남, 최경수

슬라크준위측정에는 육안에 의한 감시 혹은 란스봉에서의 가스압변화에 기초한 방법 [3], 측정봉에 2개 전극을 설치하여 전도도를 측정하는 방법 [4], 로벽에서 발생한 전압을 측정하는 방법 [1], 내화재료봉을 장입하였다가 꺼내어 봉의 온도분포로부터 측정하는 방법 [2]이 이용되었지만 슬라크준위를 정확히 측정하기 힘들며 비등상태, 전도도와 같은 슬라크상태를 측정할수 없었다.

우리는 산소열법용광로에서의 슬라크준위, 비등상태뿐만아니라 전도도를 비롯한 슬라크상태를 측정하는 방법을 제기하고 그 효과성을 검증하였다.

슬라크특성측정을 위한 구성체계는 란스봉이동거리수감부와 슬라크에 걸리는 전압측정단 그리고 신호들을 처리하기 위한 한소편컴퓨터와 현시단, 컴퓨터와 장치와의 결합 및 통신단으로 되어있다.(그림 1)

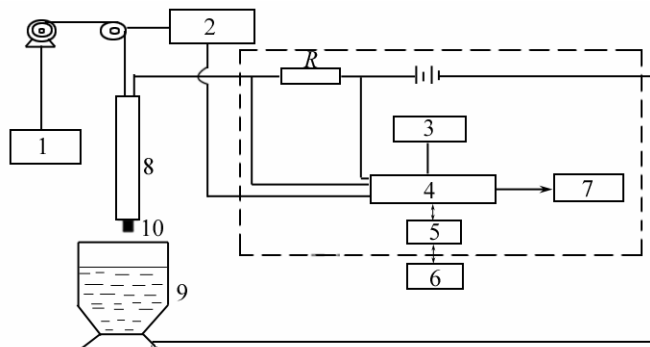


그림 1. 슬라크특성측정을 위한 구성체계

1-란스봉조절단, 2-이동거리수감부, 3-전원단, 4-한소편컴퓨터, 5-통신단,
6-컴퓨터, 7-현시단, 8-란스봉, 9-용광로, 10-흑연전극

란스봉조절단은 권양기에 공급되는 전원을 통하여 전동기가 정회전 및 역회전하도록 하여 란스봉을 하강 및 상승할수 있게 해준다. 란스봉이동거리수감부는 도르래에 설치되어 있으며 발광소자와 빛수감부에 의하여 도르래의 회전각도와 회전방향을 수감하여 란스봉의 이동거리를 측정하게 되어있다.(그림 2) 도르래가 회전한것만큼 쇠바줄이 이동하게 하자면 쇠바줄이 미끄러지 말아야 한다. 쇠바줄과 도르래의 마찰을 증가시키기 위하여 쇠바줄이 끼이는 위치에 도르래를 설치하고 그 도르래에 란스봉이동거리수감부를 설치하였다.

수지원판에 반경방향으로 32개의 홈을 내고 3조의 발광소자와 빛수감소자가 나란히 홈과 홈사이 간격에 놓이게 하였다. 1개 발광소자에서 나온 빛은 수지원판에 낸 홈을 통과하여 1개 빛수감소자에 도달하며 다른 2개의 발광소자에서 나온 빛들은 수지원판에 의해 차단되어 빛수감소자에 도달하지 못한다. 수지원판이 왼쪽으로 돌아가는 경우에 빛신호는 132, 213 혹은 321의 순서로 임펄스를 발생시키며 오른쪽으로 돌아가는 경우에는 123, 231 혹은 312의 순서로 임펄스가 생긴다. 이 신호에 의해 도르래의 회전방향 즉 란스봉이 하강하는가 상승하는가를 결정한다.

수지원판과 결합된 도르래의 직경이 50cm인 경우 수지원판이 2개 흡사이 간격만큼 회전할 때 도르래는 $3.14 \times 50\text{cm}/32 = 4.9\text{cm}$ 회전한다. 이로부터 란스봉이동거리의 정확도는 대략 5cm로 볼수 있다. 만일 도르래의 직경을 더 작게 한다면 정확도는 더 높아질것이다.

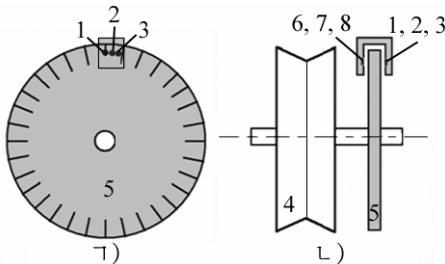


그림 2. 란스봉이동거리수감부

- 1) 수지원판, 2) 도르래에 붙인 수감부
1-3은 빛발광소자, 4는 도르래,
5는 수지원판, 6-8은 빛수감소자

란스봉의 이동거리에 해당하는 신호는 신호선을 따라 장치의 한소편컴퓨터에 들어간다. 한소편컴퓨터에서는 수지원판의 흡이 빛수감소자 앞을 통과한 개수에 따라 회전각도를 결정하고 란스봉이동거리를 계산한다.

란스봉은 3개의 강철판으로 만들었으며 편양쇠바줄과 전기적으로 절연되어있다. 란스봉은 3중판형식으로 구성되어있어 안에는 랭각수가 흐르게 되어있으며 란스봉끝에는 나사흡을 친

흑연전극이 란스봉과 결합되어 밖으로 나와있다.(그림 3)

란스봉과 직렬로 연결된 고정저항과 슬라크에는 직류전압이 걸리며 란스봉에는 직류 +의 전원이 연결되고 용광로체는 접지되어있다. 란스봉에 랭각수가 흐를 때 전원으로부터 고정저항을 거쳐 란스봉안의 랭각수를 통하여 접지까지 전기회로가 구성되지만 물의 저항(수MΩ정도)은 슬라크의 저항(수십Ω이하)에 비해 대단히 크기때문에 이 회로를 통해 흐르는 전류는 무시된다. 만일 란스봉이 슬라크와 접촉하지 않았을 때에는 전기회로가 차단되어 고정저항 R에는 아무런 전압도 걸리지 않는다고 볼수 있다. 란스봉이 슬라크방울들에 부딪치면 전기통로가 형성되면서 저항 R에 전압이 걸리기 시작한다. 란스봉이 슬라크에 완전히 잠기면 슬라크의 저항은 작으므로 전원의 대다수 전압이 저항 R에 걸리게 된다. 란스봉과 직렬로 연결된 저항 R에 걸린 전압이 한소편컴퓨터에 입력된다.

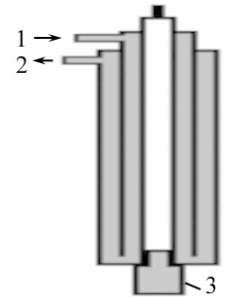


그림 3. 란스봉구조
1-입수구, 2-퇴수구,
3-흑연전극

란스봉이동거리에 해당하는 높이신호와 란스봉에 직렬로 연결된 저항에 걸린 전압신호에 의하여 장치에는 란스봉의 높이와 저항에 걸린 전압이 현시된다. 이 신호들이 장치의 통신단에서 485변환기를 거쳐 컴퓨터에 전송된다. 컴퓨터에서는 들어온 신호를 분석하여 슬라크준위, 비등준위, 비산높이, 비등세기, 전도도 등 슬라크상태를 반영하는 정보들을 컴퓨터와 장치에 현시한다.

고정저항 R에 걸리는 전압은 다음과 같이 표시된다.

$$U_1 = \frac{R}{R + r_{\text{슬}}} U$$

$R \ll r_{\text{슬}}$ 이면 $U_1 \approx 0$ 이며 $R \gg r_{\text{슬}}$ 이면 $U_1 \approx U$ 이다.

헝기업소 산소열법용광로(바닥면적 10m^2)에서 측정한데 의하면 비등하는 슬라크의 저항 $r_{\text{슬}}$ 은 대체로 2~110Ω 정도에서 변한다. 비등슬라크가 아닌 잔잔한 슬라크준위와 로체사이 저항은 대략 2Ω 정도이다. 그러므로 란스봉이 하강할 때 란스봉에 슬라크방울들이 부딪친 다음 란스봉이 슬라크준위와 접하는 과정에 슬라크저항은 110Ω에서 2Ω으로 작아진다. 이 변화를 고정저항에 걸리는 전압에 의해 관찰하자면 고정저항을 2Ω보다는 5~6배 크고 110Ω 보다는 훨씬 작은 저항으로 선택하여야 한다. 그래야 란스봉의 이

동과정에 고정저항에 걸리는 전압변화범위가 커지며 슬라크준위판별이 가능하다. 슬라크 전도도는 저항의 거꿀수로 계산하였다.

슬라크상태측정체계의 기술적특성은 다음과 같다.

장치입구전압 교류 220V

란스봉높이측정범위 0~745cm, 측정정확도 ± 5 cm

슬라크준위, 비등준위, 비산높이 측정정확도 ± 5 cm

전도도측정범위 0~3.54S, 측정정확도 ± 0.04 S

맺 는 말

산소열법용광로에서 슬라크준위뿐만아니라 비등상태, 전도도와 같은 슬라크특성을 측정할수 있는 방법을 제기하고 슬라크특성측정체계를 개발하고 도입하여 그 실효성을 확증하였다.

참 고 문 헌

- [1] F. S. V. Gomes et al.; IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, 14, 2, 1286, 2017.
- [2] Q. He et al.; International Journal of Heat and Mass Transfer, 124, 381, 2018.
- [3] 中島 潤二 等; 特開平5-180580, 1993.
- [4] 田村 岳治 等; 特開平8-49024, 1996.

주체109(2020)년 6월 5일 원고접수

System for Measuring the Properties of Slag by Conductometry in Blast Furnace by Oxygen-heat Method

Ri Kun Nam, Choe Kyong Su

We proposed the method for measuring not only the slag level but also its properties such as boiling state and conductivity in blast furnace by oxygen-heat method, and confirmed its effectiveness.

Keywords: blast furnace by oxygen-heat method, slag