

Slag 검출용 와전류 전자기센서의 유한요소해석

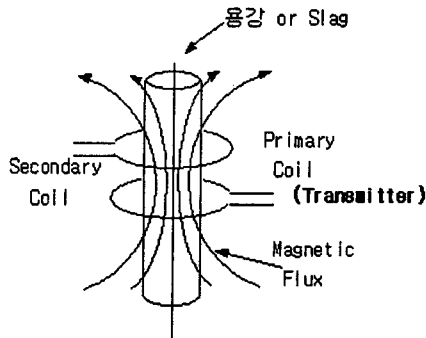
육영진^{1,2*}, 임종인¹, 이영진¹
¹요업(세라믹)기술원 전자부품팀
²한양대학교 신소재공학과

1. 서론

고 청정강의 제조를 위해서 Ladle에서 Tundish로 용선과 함께 유입되는 슬래그 혼입시점을 감지하고, 출선구를 제어함으로써 슬래그 유입을 최소화하기 위하여 슬래그 검출설비를 사용하고 있다. 이 설비에 사용되는 슬래그 검출센서는 송신 코일과 수신코일로 구성된 와전류형 전자기 센서이고, 해당 설비 하부의 출강부 부근에 설치하여 용선 및 용선/슬래그 혼합물, 슬래그 등이 유입될 때 발생하는 자기장 변화에 의하여 유입되는 슬래그 유입량을 검출하는 기능을 한다. 본 연구에서는 이러한 설비의 핵심소모품인 슬래그 검출용 와전류 전자기센서 개발을 위해 선행 연구로 유한요소해석을 통하여 슬래그 검출센서의 성능을 평가하였다.

2. 이론적 배경

와전류형 전자기센서는 전자기의 상호 유도작용을 이용한 것으로 사용하는 코일 수에 따라 1코일형, 2코일형 및 3코일형 등이 있고, 코일의 배열에 따라 투과형 및 반사형 차분형, 절대형으로 분류된다.^(1~2)



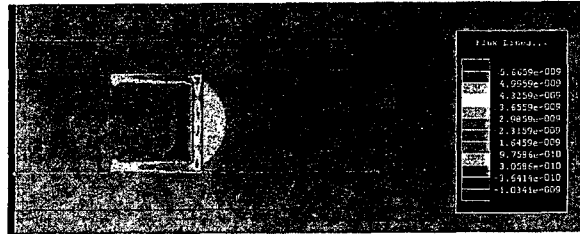
<그림 1. 슬래그 검출센서의 기본 구조>

그림1에 나타낸 슬래그 검출센서는 2코일을 사용한 절대 배열형 와전류 전자기센서에 해당하고, 권선형 송신코일에 교류전류를 공급할 경우, 발생한 자기장에 의하여 출강구 내부의 용선에 와전류가 발생한다. 용선에 유기된 와전류는 송신코일에 의하여 발생한 자기장을 상쇄시키는 방향으로 자기장을 발생시키므로 출강구 내부의 전체 자기장은 변화하게 된다. 이러한 출강구 내부의 자기장에 의하여 수신코일에 전압이 유기되게 되며, 이를 측정하여 출강구 내부에 존재하는 도체 혹은 부도체 유무를 검출할 수 있다.

3. 실험방법 및 결과

전자기장 상용해석 툴을 사용하여 송신코일의 인가전류(3A, 563Hz)에 따른 수신코일의 측정값을

계산하였다. 또한 슬래그 검출센서의 내부가 도체, 도체/부도체 혼합, 부도체로 구성되어 있을 때, 각각의 전자기장 분포 및 수신코일의 전압을 계산하여 슬래그의 함량에 대한 관계를 관찰하였다.



<그림 2. 슬래그 검출센서의 전자기장 해석>

그 결과 와전류에 의해 유도된 전압(V_{D-P})이 슬래그 검출센서 내부가 도체일 때 0.7962V, 도체/부도체 혼합일 때 0.5344V, 부도체일 때 0.5154V로 계산되었으며, 실제로 슬래그의 함량에 따라 유도되는 전압이 각각 상이한 것을 알 수 있었다. 특히 최초 부도체로만 이루어져 있을 때의 경우 순수한 유도전압 값만 측정이 되었지만, 도체의 함량이 높아질수록 와전류에 의한 영향이 고려되어 수신코일의 유도전압 값이 빠르게 증가하는 것을 관찰할 수 있었다.

4. 고찰

본 연구를 통해 임의의 슬래그 검출센서 구조에서 도체 및 부도체의 비율에 따른 전자기장 분포 및 수신코일에서의 전압 값을 계산하였다. 그 결과 도체의 비율이 증가함에 따라 수신코일의 유도전압 값이 증가하는 경향을 보였는데, 이를 통해 슬래그의 정확한 함량을 예측할 수 있으며, 균일한 슬래그의 함량을 통제함으로써 고품질의 청정강을 제조할 수 있다.

5. 결론

슬래그 검출센서는 고가의 핵심부품으로 전량 수입에 의존하고 있어 안정적인 공급에 문제가 있으며, 고온의 사용 환경으로 인해 사용수명이 제한되어 있다. 그렇기 때문에 저가형 및 내구성을 증가시킨 슬래그 검출센서의 최적화 구조에 대한 연구가 보고된 바 있다.^[3] 본 연구는 기존의 연구에서 전자기 특성을 최적화한 구조를 추가/제안하고 그 특성을 시뮬레이션을 통해 평가하였다. 그 결과 용선/슬래그의 함량은 유도 전압을 통해서 예측할 수 있었으며, 향후 본 연구 결과를 바탕으로 감응특성이 향상된 전자기 구조를 제안할 수 있을 것이다.

6. 참고문헌

- [1] L. Cartz, "Nondestructive Testing; VI. Eddy Current Testing," ASM international, 1995
- [2] "Nondestructive Testing; Eddy current," 2nd edition, General Dynamics, 1980
- [3] 임종인, 김찬욱, 황원주, "연주공장용 슬래그 검출센서 개발", RIST 연구논문 14권(1호), 2000