

ESR 공정분석 및 해석 모델링을 통한 최적 공정 선정 및 제어에 대한 연구

A Study on a control algorithm and determinant of an optimal process condition based upon ESR process analysis.

°부 광 석*, 위 철 민**, 임 태 균***

* 인제대학교 기계자동차공학부 (Tel: 0525-320-3186; Fax: 0525-324-1723; E-mail: mechboo@ijn.ijn.ac.kr)

** 인제대학교 기계공학과 대학원 (Tel: 0525-320-3165; Fax: 0525-324-1723; E-mail: yellowcard@hanmail.net)

*** 포항산업과학연구원(Tel: 054-279-6741; Fax: 054-279-6599; E-mail: tglim@risnet.rist.re.kr)

Abstract : ESR(ElectroSlag Remelting) Process is secondary fine process and melts steels by electric resistance heat and fines the melting steels by an appropriate solidification process. Thus, it is very important to monitor and control the process parameters which affects the melting and solidification processes to get the high quality products.

This paper describes a method to derive the mathematical model and analysis the dynamic characteristics for designing a controller of the ESR processes. The ESR process consists of a melting and solidifying processes and electrical system include the contact resistance mechanism.

In this paper, we consider only the static relationship between inputs and outputs of the electric system because the dynamics of the electric system is so fast compared with the melting and solidifying processes which are analysed by using finite difference method.

As the results, the fine processing in ESR is analysed and the process controller could be designed based on the process dynamic analysis.

Keyword : ESR, Numerical Analysis, Process Control

2. ESR공정

1. 서론

ESR 공정은 이차 정련공정으로 일차 정련이 끝난 강종의 기능 향상을 목적으로 용융 슬래그의 전기적인 저항열을 이용하여 금속을 녹여서 재정련하는 공정이다. 이 공정은 일단 금속을 용융시킨후 수냉 몰드에서 격렬한 응고과정을 거쳐서 이루어지게 되는데 공정중 금속의 용융속도 및 응고과정에 따라서 최종 제품의 품질이 결정된다.

따라서 품질향상을 위해서는 공정중에 이러한 공정에 영향을 미치는 인자들의 감시와 제어가 매우 중요하다.

본 연구에서는 품질향상을 얻기 위한 제어를 설계할 목적으로 ESR 공정의 열적 생성 과정을 수학적으로 모델링하고 그 동적 특성을 분석하였다.

공정은 크게 금속의 용융 및 응고 과정과 이에 따른 겹죽부의 저항변화로 인한 전기적인 시스템으로 구분된다. 전기적 시스템의 동적 변화는 열적과정에 비교하여 매우 빠르므로 무시하고 달리 변수들 간의 정적인 관계만 이용하였으며, 열적 변화과정은 분포 변수 시스템 이므로 유한 차분법을 이용하여 해석하였다. 이때 금속의 용융과 응고의 연속적 진행으로 유한 차분 해석시 경계조건이 변화하는 것을 고려하여 해석하였다. 해석 결과 ESR 공정의 초기, 말기의 전이과정의 용융속도가 양의 변화를 예측할 수 있었으며, 중기의 준 정상상태 과정을 통하여 전체 공정에서 소요되는 전기적인 공급에너지의 양을 결정 할 수 있었다. 이러한 해석 모델은 공정의 품질향상을 위한 제어기의 구조와 변수 결정에 매우 유익할 뿐만 아니라 설계된 제어기의 성능 평가에도 크게 이용되리라 판단된다.

Electro-Slag Remelting 공정은, 그림 1에서 보이는 바와 같이 1차 정련이 끝난 합금강(STS강/공구강 등을 소모전극으로 사용하여 전극과 수냉 몰드 사이에 고전압/고전류를 가해 슬래그 층을 형성하고 용융 슬래그의 저항열로(전기로처럼 이크열을 이용하지 않음) 전극을 재용해하고 수냉에 의해 재냉각하는 사이에 일어나는 화학반응을 통해 불순물을 제거하여 고순도의 강을 생산하는 2차 정련 공정이다. 이때 불순물 제거를 위한 화학반응이 충분히 일어나도록 공정은 서서히 진행되며 전극의 공급은 DC 모터를 이용한다.

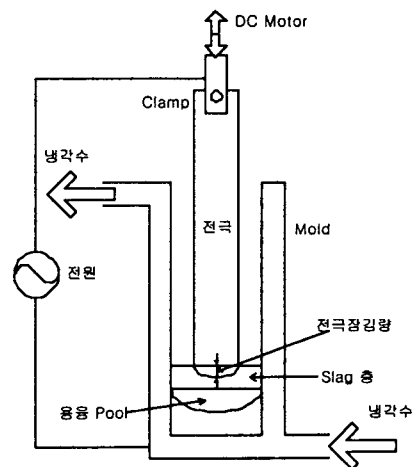


그림 1. ESR공정 개략도

주요 공정변수는 전류/전압/전극공급속도이며 균일하고 높은 품질을 얻기 위해서는 용융 속도와 냉각 속도를 일정하게 제어