

저NOx 석탄버너 설계 변화에 따른 입자거동 및 연소특성에 대한 전산해석연구 임형준^{1,2}, 하선교¹, 강우석¹, 이정수², 홍준석², 류창국^{1*}

¹성균관대학교, 16419 경기도 수원시 장안구 서부로 2066

²한국서부발전, 35377 대전시 서구 관저동 757

Numerical Study on Particle Behaviors and Combustion Characteristics for Different Designs of Low NOx Coal Burner

Hyung Joon Lim^{1,2}, Sun Kyo Ha¹, Woo Suk Kang¹, Jung Soo Lee², June Seok Hong², Chang Kook Ryu^{1*}

¹Sungkyunkwan University, 2066 Seobu-ro, Jangan-gu, Suwon, Gyeonggi-do, 16419, KOREA

²Korea Western Power Co, 757 Gwanjeo-dong, Daejeon, 35377, KOREA

Abstract

저NOx 석탄버너는 오랜 시간 동안 석탄화력발전소에서 NOx저감을 위한 수단으로 이용되어 왔다. 초기의 저NOx 석탄버너는 화염길이를 늘려 NOx를 저감하는 지연연소 방식을 이용하였으나, 연소성 저감이라는 문제를 극복하기 위해 강한 선회유동을 통해 화염 내에 순환영역을 형성시켜 환원분위기를 형성하는 내부재순환 화염방식으로 점차 바뀌어 왔다. 국내 1000 MW급 석탄화력에도 내부재순환 화염방식의 석탄 버너가 적용되었으나 해당 발전소들의 운전현황을 살펴본 결과 NOx의 수치는 낮으나 미연분, CO농도가 높게 발생하는 경우가 많고 보일러 인접 벽면에 용융 슬래그가 형성되는 문제가 있다.

본 연구에서는 전산유체해석을 이용하여 위 석탄화력에 적용된 특정 버너의 특징을 살펴보고 버너 형상 및 운전변수를 변경하였을 때 미분탄의 입자거동과 화염 형태 등 연소특성에 어떠한 영향을 미치는지 연구하였다. 버너 형상 변수로는 2차 및 3차공기의 노내 주입 각도를 45°에서 20°, 30°로 변화시켜 기준 형상과의 특성을 비교하였다. 운전 변수로는 3차공기의 선회강도는 접선속도 성분을 0.35, 0.8, 1, 1.2로 변화시켰고, 1차공기와 미분탄의 비율도 2, 2.4, 2.8로 변화시켜 영향을 분석하였다. 전산유체해석은 ANSYS Fluent를 이용하였으며, 입경 분포가 반영된 개별 미분탄의 궤적을 추적하는 discrete phase method를 통해 유동과의 상호작용을 해석하였으며, 탈휘발 및 좌 연소 반응은 Flashchain 및 unreacted core shrinking model를 통해 해석하였다.

분석 결과 현재의 버너는 미분탄은 주로 버너 중앙축을 따라 진행하고, 3차공기는 버너측 벽면에 편중되어 의도한 재순환화염을 구현하지 못함과 동시에 용융성 슬래그를 생성할 가능성이 높았다. 또한 출구부의 NOx 수치는 낮았으나 이는 낮은 연소성으로부터 기인한 것임을 알 수 있었다. 2차 및 3차공기의 주입 각도를 완화하고, 선회강도를 증가시키는 경우 의도한 내부재순환 화염에 가깝게 유동 및 화염 형태를 개선할 수 있음을 확인하였다. 또한 CO 농도와 휘발분 생성속도도 양호하여 미연분의 발생도 저감할 수 있을 것으로 판단된다. 이와 같은 연구 결과를 기초로 Overfire air를 포함한 전체 보일러에 대한 해석을 통해 종합적인 성능 평가 및 개선방안을 도출할 수 있을 것으로 기대된다.

Key words: 석탄연소, 저NOx버너, 질소산화물, 미연탄소, 전산유체역학