

## 석탄화력 De-NO<sub>x</sub>설비 입자 유동특성 연구

김태형\*, 박병철\*, 함영준\*

\*한국남동발전 인재기술개발원

e-mail:hyung122@koenergy.kr

### A Study on particle flow characteristics at De-NO<sub>x</sub> system of coal fired power plant

Tae-Hyung Kim\*, Byung-Chul Park\*, Young-Jun Ham\*

\*Human Resource T/D Institute, Korea South-East Power Co.

#### 요 약

870MW급 석탄화력 보일러 계통 질소산화물(NO<sub>x</sub>) 저감을 위해 선택적 촉매 환원장치(SCR, Selective Catalytic Reduction)를 사용 중에 있다. 가스 유동을 개선하기 위해 가스 유입 곡관부와 촉매 반응기로의 유입부에 Guide Vane설치되어 있고, 이 가스 유동는 정류기(Rectifier)를 통해 흐름이 개선된 후 유입부에서 함께 분사된 암모니아가 이 가스가 3개의 촉매 층에서 반응 후 질소산화물을 환원시켜 농도를 배출 기준치로 제어하는 장치로 환경설비를 일괄계약이 아닌 분리발주의 영향으로 협업여건에 따라 Duct 및 촉매층의 마모로 인해 NO<sub>x</sub> 제거 효율 저하로 환경 배출 기준 준수를 위해 과도한 암모니아 사용량 증대로 보일러 통풍계통 운영 신뢰성을 떨어뜨리고 있다.

본 연구에서는 SCR계통의 설계 데이터를 활용하여 모델링을 한 후 실제 운전 데이터를 활용해 입자 유동의 특성을 연구를 통해 현장 문제점을 분석하여 운영 품질을 높이하고자 하였다.

연구결과는 다음과 같다. 설계조건의 경우에 정류기 바로 아래 영역에서는 안쪽 및 바깥쪽 가장자리 영역에서 가스 유량 및 유속에서 증가함을 보이고 있으나, 촉매 층 가까이에 이르러서는 그 차이가 거의 없어지기 때문에 초기 입자 분포에 의해 안쪽 및 바깥쪽 가장자리에 퇴적속도가 증가함을 확인하였고, 입자의 퇴적은 입자크기가 1 micron보다 작을 경우 경향성이 나타나지 않으나, 입자가 50 micron 이상일 경우 편류가 나타나 퇴적에 영향을 미침을 알 수 있었고, 이를 가정하여 바깥쪽 가장자리 촉매 층의 퇴적과 막힘을 가정하여 해석한 결과 유동이 막힌 부분이 아닌 안쪽으로 쓸려 유속 및 유량이 설계 및 실제 조건에 비해 증가하였고, 입자의 충돌각도도 58° 정도로 설계 및 실제조건의 에서의 입자충돌 각도인 85°에 비해 마모속도가 증가함을 판단할 수 있었다.

#### 1. 서 론

870MW급 석탄화력 보일러 계통 질소산화물(NO<sub>x</sub>) 저감을 위해 선택적 촉매 환원장치(SCR, Selective Catalytic Reduction)를 사용 중에 있다. 가스 유동을 개선하기 위해 가스 유입 곡관부와 촉매 반응기로의 유입부에 Guide Vane설치되어 있고, 이 가스 유동는 정류기(Rectifier)를 통해 흐름이 개선된 후 유입부에서 함께 분사된 암모니아가 이 가스가 3개의 촉매 층에서 반응 후 질소산화물을 환원시켜 농도를 배출 기준치로 제어하는 장치이다.

현재 국내 보일러 계통과 SCR은 비용절감을 위해 870MW급은 분리발주를 하고 있으며, 기존 석탄화력의 경우 환경 규제 강화에 따라 SCR을 추가로 설치 운영하기 때문에 분리발주와 같은 상황이다.

그러나, 환경설비를 일괄계약을 통해 설치 할 경우 실전 운영 정보를 활용한 유동해석을 통해 안정적 운영을 위한 조치를 취할 수 있으나, 분리발주의 영향으로 협업여건에 따라 Duct 및 촉매층의 마모로 인해 NO<sub>x</sub> 제거 효율 저하로 환경 배출 기준 준수를 위해 과도한 암모니아 사용량 증대로 보일러 통풍계통 운영 신뢰성을 떨어뜨리고 있다.

#### 2. 본 론

본 연구에서는 SCR계통의 설계 데이터를 활용하여 모델링을 한 후 실제 운전 데이터를 활용해 입자 유동의 특성을 연구를 통해 현장 문제점을 분석하였다.

추가적으로 마모의 경우 입자의 강도, 입자 량, 충돌 각도 및 속도가 영향을 미치게 되는데, 이를 위해 입자 0.1, 1, 50,

100, 200, 500  $\mu\text{m}$ 를 유동 평가를 통해 퇴적 원인과 이에 따른 마모를 평가하였고, 개선을 위해 촉매 반응기 상부에 Guide를 추가 설치하여 입자 유동이 균일하게 분포하는지를 평가하였다.

연구결과는 다음과 같다. 첫째, 설계조건인 경우에 정류기 바로 아래 영역에서는 안쪽 및 바깥쪽 가장자리 영역에서 가스 유량 및 유속에서 증가함을 보이고 있으나, 촉매 층 가까이에 이르러서는 그 차이가 거의 없어지기 때문에 초기 입자 분포에 의해 안쪽 및 바깥쪽 가장자리에 퇴적속도가 증가함을 확인하였다.

둘째, 실제 조건에서 평가한 결과 정류기 바로 아래 영역의 유속 및 유량 분포, 촉매 층 상부의 입자분포가 설계조건보다 더욱 경향성이 짙어짐을 확인하였다.

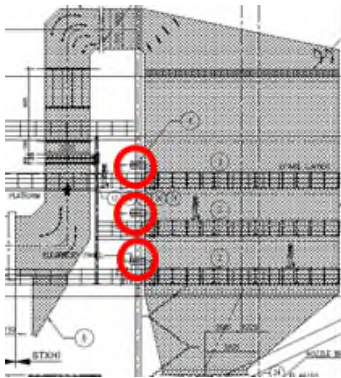


Fig. 1 General SCR system & Sonic horn overview

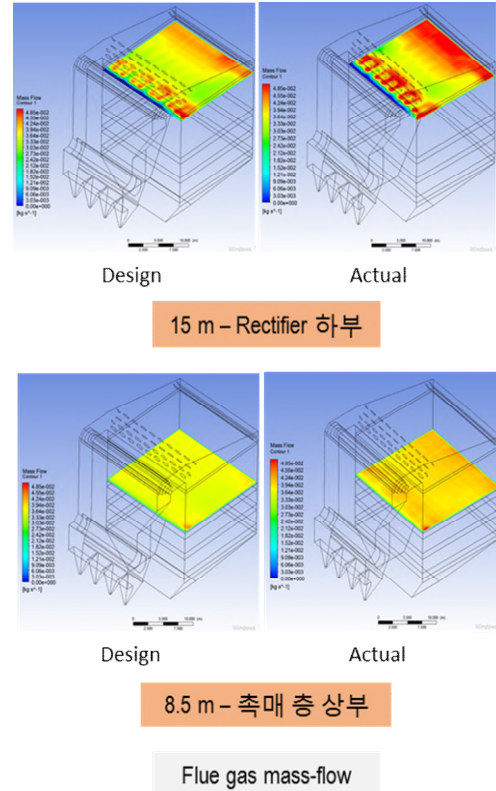
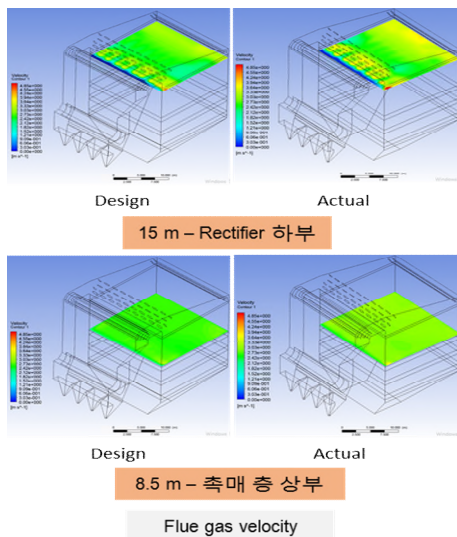


Fig. 2 Gas velocity & mass flow as elevation change

셋째, 입자의 퇴적은 입자크기가 1 micron보다 작을 경우 경향성이 나타나지 않으나, 입자가 50 micron 이상일 경우 편류가 나타나 퇴적에 영향을 미침을 알 수 있었다.

넷째, 그러나, 안쪽 가장자리의 경우 Sonic horn이라는 Soot Blowing 설비가 운영 중에 있어, 바깥쪽 가장자리 퇴적 현상만이 현장 점검을 통해 확인 할 수 있었고, 이를 가정하여 바깥쪽 가장자리 촉매 층의 퇴적과 막힘을 가정하여 해석하였다.

다섯째, 그 결과 유동이 막힌 부분이 아닌 안쪽으로 쏠려 유속 및 유량이 설계 및 실제 조건에 비해 증가하였고, 입자의 충돌각도도 58° 정도로 설계 및 실제조건의 에서의 입자충돌 각도인 85°에 비해 마모속도가 증가함을 판단할 수 있었다.

여섯째, 이러한 입자 유동의 편류를 개선하기 위해 촉매 층 상부에 1,500 mm, 90°, 80°, 70°Guide를 설치하여 해석한 결과 70°와 같이 수직보다는 약간은 경사가 있는 Guide가 입자분포를 균일하게 할 수 있어서 퇴적 및 마모 개선에 유효할 것으로 판단하였다.

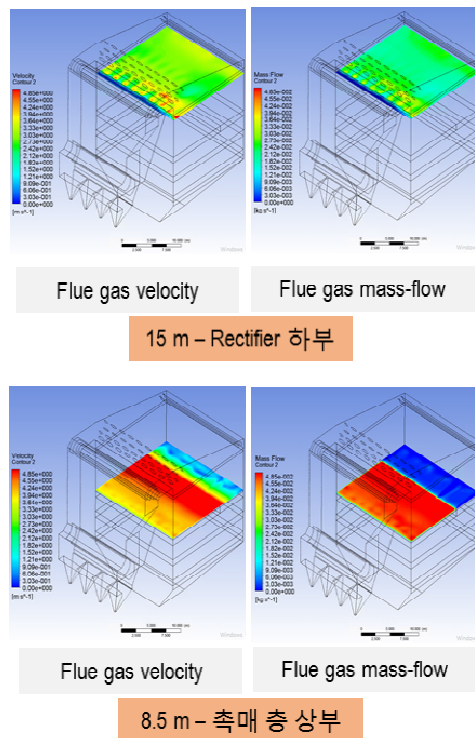


Fig. 3 Gas velocity & mass flow at plugging condition

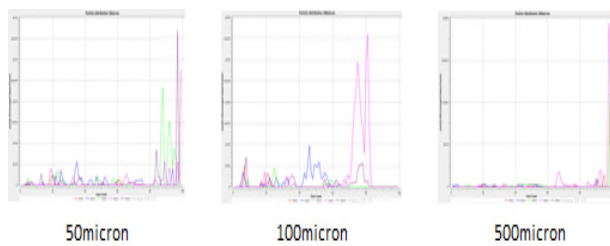


Fig. 4 Particle distribution at plugging condition

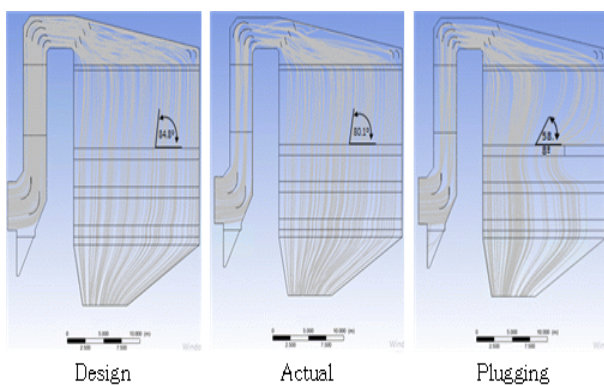


Fig. 5 Particle Impact Angle comparison

### 3. 결 론

전체적인 촉매반응기 내에서 촉매 층에 가까울수록 유속 및 유량의 분포가 균일해 지므로 입자 거동

측면에서 입자 분포에 따라 안쪽 및 바깥쪽 가장자리로 Ash가 퇴적이 되고 이를 제거하기 위해 설치한 Soot Blowing시스템은 안쪽에 위치해 있으므로 바깥쪽에 퇴적되는 현상 만 관찰되고 있는 것으로 평가되며, 이러한 퇴적현상에 의해 촉매 층 막힘에 의해 유동이 촉매 층 안쪽으로 꺾여 유속, 유량이 증가하고 입자의 충돌각도가 마모에 유의한 각도로 충돌함에 따라 안쪽 부분에서 마모가 가속화 된 것으로 평가된다.

### 후 기

본 연구에서는 석탄 분석에 따른 입자 성분 분석 등을 제외한, 몇 가지 상황에 제한적으로 모델링한 결과이지만, 화력 발전의 SCR 계통 입자 유동에 관한 문제점을 개선하기 위한 퇴적 및 마모 등을 종합적으로 연구한 내용이므로 현장에서 충분한 활용가치가 있을 것으로 평가된다.

### 참고문헌

- (1) Kim, J.S, Lee, J.M, KEPRI, "A study on particle and erosion characteristics at CFBC boiler", 2001, pp 51~68
- (2) Park, B.C, Park, S.J, Cho, H.H, Yonsei University, "Design optimization of guide vane at 870 MW SCR inlet Duct", 2015
- (3) Ming Dong, Sufen Li, Jun Xie and Jian Han, 'Experimental Studies on the Normal Impact of Fly Ash Particles with Planar Surfaces', Energies 2013, 6
- (4) EPRI, 2007, "Boiler and Heat Recovery Steam Generator Tube Failures: Theory and Practice", Volume 2, pp 21-1 - 21-271.