

1D3) 석탄화력발전소의 선택적비촉매환원 공정에서 질소산화물의 제거 특성

Removal Characteristics of NO_x at Selective Non-Catalytic Reduction Process of Coal Fire Power Plan

서성규·최석환¹⁾·윤형선

여수대학교 건설·환경공학부, ¹⁾한국동서발전(주) 호남화력발전처

1. 서론

NO_x는 질소와 산소의 결합상태에 따라 여러 종류의 화합물로 존재하며, 연료의 연소에 의해 발생하는 것은 대부분 NO와 NO₂이다. 석탄 연소로에서 NO_x의 발생은 필연적이고 불가피한 문제이다. 석탄 연소로에서 배출되는 배연가스중의 NO/NO_x의 용량비는 90~95% 정도이며, 배기가스중의 대부분은 NO이다. 석탄 연소시 배출되는 NO_x는 크게 연료중의 질소(fuel-N)와 대기중의 질소(N₂)에서 생성되는 Fuel NO_x, 공기중 산소가 1800K 이상의 고온에서 탈리되어 질소 분자를 산화시켜 생성되는 Thermal NO_x, 그리고 화염영역에서 생성된 탄화수소 라디칼과 질소가 반응하여 생성된 HCN, CN등의 중간체에서 연속적인 기체상 반응을 통해 질소가 산화되어 발생하는 Prompt NO_x로 분류할 수 있다. Fuel NO_x는 연료 중에 탄화수소 화합물로 결합되어 있는 질소가 산화되어 생성된 형태를 말하며, 생성량은 과잉 공기비의 연소조건에서 연료중의 질소함량에 비례하는 것으로 알려져 있다. 화석연료 중 상대적으로 고질소 함유량을 갖는 석탄은 연소로에서 배출되는 총 NO_x중에 Fuel NO_x의 비중이 가장 크다. 한편, Thermal NO_x의 생성은 온도의 영향이 지배적인 반면, Prompt NO_x는 온도의 영향보다는 탄화수소 라디칼과 질소의 농도에 비례하여 생성되는 것이 가장 큰 차이점이라고 할 수 있다. 그러나 NO_x의 생성은 상기한 바와 같이 단순히 몇 가지의 형태만으로 구분할 수 없는 석탄의 휘발, 점화, 이차공기 또는 배가스와 미분탄의 혼합 등 연소 및 공기의 역학에 의해 영향을 받는 복잡한 과정이다. 이렇게 발생된 NO_x의 처리방법으로서 연료에서 근본적으로 NO_x를 제거하는 연료탈질화법과 연소과정에서 NO_x를 줄이는 연소개선법 및 배기가스를 처리하는 후처리법 등이 있다. NO_x의 억제기구를 통한 장, 단점 및 저감효과에 대한 이론은 있지만, 실제 유연탄 화력 발전소에서 사용되는 Coal별 발생되는 Fuel NO_x 및 노내온도 및 체류시간 과잉공기 등을 고려한 Thermal NO_x 분리평가, 그리고 연소개선 방법 및 배연탈질 기술을 이용한 NO_x 저감효과에 대한 상세한 연구결과는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 실제 유연탄 화력발전소의 SNCR(SNCR: Selective Non-Catalytic Reduction) 공정에서 수입 역청탄 및 아역청탄별, 혼소 Mode별 NO_x 발생과 제거 특성에 관하여 조사하였다.

2. 실험장치 및 방법

Coal 연소 관련 설비는 미분탄기 계통(원탄조: Raw Coal Silo, 급탄기: Coal Feeder, 미분기: Pulverizer), 통풍계통, Burner 및 Boiler로 구성하였다. NO_x 저감 설비는 Burner, Soot Blower, Gas Recirculation Fan과 환원제(Urea용액)를 보일러에 주입하여 로내에서 생성되는 NO_x를 저감하는 SNCR 등으로 구성하였다. SNCR에서 표준양론비(NSR : Normalized Stoichiometric Ratio) 즉, 약품(Urea)주입 비율에 따라 탈질효율의 변화, NSR값 변화(0.66, 1.0, 1.90)에 따른 실제 NO_x 발생농도를 1차적으로 파악하였다. 이를 바탕으로 출력별(180MW, 240MW), 탄종별 Fuel/Thermal NO_x 발생 정도를 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

NSR 변화에 따른 NO_x 발생농도와 TMS에서 측정된 배기 NO_x 농도를 탈질효율과 함께 그림 1에 나타내었다. NSR 값이 증가할수록 NO_x 발생농도는 약 500ppm까지 증가하였으며, 이러한 과정에서 SNCR

탈질효율의 변화는 40.2%에서 49.7%로 증가하였다. 이때 TMS의 NOx 농도는 일정한 수준을 유지하면서 약 250ppm까지 미량으로 증가하는 것으로 나타났다. 그림 2는 아역청탄 및 역청탄별 N₂함량에 따른 Fuel NOx 발생농도를 조사하였다. Coal별 Ultimate Analysis를 통해 석탄중의 질소함량, 산소와 질소 전환비, 실제 배기가스량을 조사 후 계산한 Fuel NOx 발생 농도 결과를 보면, 아역청탄 A,B급 (분류기준:ASTD D 388)인 Alaska탄(미국), Rotosouth탄(인니), Middle Area탄(인니)은 각각 288.4ppm, 289.8ppm, 294ppm으로 유사한 농도를 나타내었다. 역청탄인 신화탄(중), Kuzbass탄(러), Unicom탄(러), Suek탄(러), MIM탄(호주), Blairathol탄(호주), Erel탄(호주)은 147ppm~310.8ppm으로 다양한 농도를 나타냈다. 그림 3은 혼소 탄종별로 N₂함량에 따른 Fuel NOx(O₂, 6%) 발생농도를 조사하였다. N₂함량이 가장 높은 Blairathol탄+Alaska탄의 경우 Fuel NOx의 발생 농도가 200ppm을, N₂함량이 가장 적은 신화탄+Alaska탄의 경우는 Fuel NOx의 발생농도가 184ppm을 나타내었다. 그림 4는 출력 240MW, 혼소탄종별 노내온도 분포에서 Fuel NOx 및 Thermal NOx 농도분포를 나타내었다. Fuel NOx는 평균 190ppm으로 나타났으며, Thermal NOx는 235ppm으로 나타나 실제 Fuel NOx보다는 Thermal NOx가 상대적으로 많이 발생하는 것으로 나타났다. 또한, 화염온도가 상승 할수록 NOx 생성율은 증가하였으며, Thermal NOx는 화염온도의 변화에 매우 민감하게 작용하였다. 따라서 유연탄을 원료로 하는 화력발전소의 경우 Fuel NOx보다는 Thermal NOx가 상대적으로 많이 발생하는 것으로 파악 되었으며, 향후 상기와 같은 기초결과를 반영하여 SNCR 공정하에서 다양한 운전변화에 따른 NOx발생의 저감에 관하여 추가적인 연구를 진행 할 예정이다.

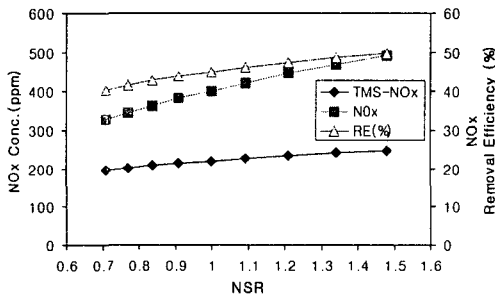


Fig. 1. Trend of NOx concentration and removal efficiency with NSR at SNCR.

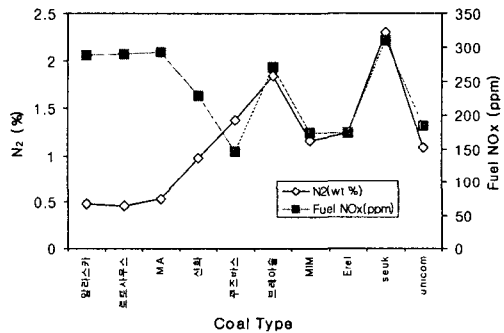


Fig. 2. Variation of nitrogen and fuel NOx with coal type.

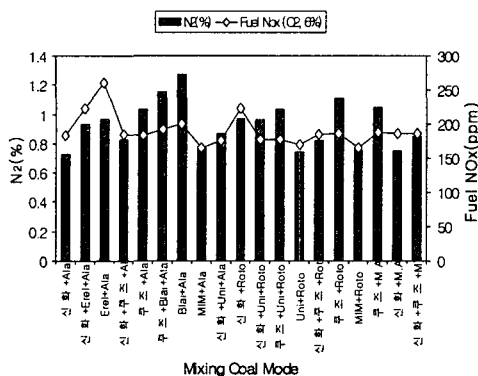


Fig. 3. Variation of nitrogen and fuel NOx in mixing coal mode.

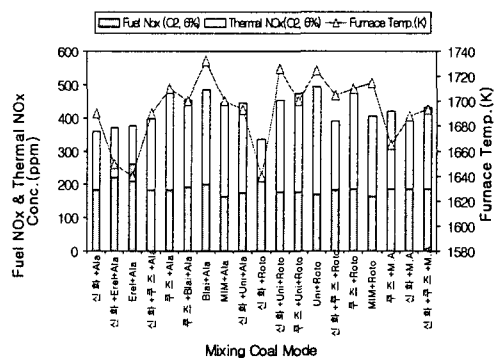


Fig. 4. Trend of thermal NOx and fuel NOx in mixing coal mode.

참 고 문 헌

- Hampartsoumian, E., Folayan, O.O., Nimmo, W. and B. M. Gibbs (2003) Optimisation of NO_x reduction in advanced coal reburning systems and the effect of coal type, Fuel, 82, 373-384.
- Han, X., Wei, X., Schnell, U. and K.R.G. Hein (2003) Detailed modeling of hybrid reburn/SNCR processes for NO_x reduction in coal-fired furnaces, Combustion and Flame, 132, 374-386.