

IN3) 석탄 화력발전소 실증실험을 위한 플라즈마 탈황탈질 설비 개발

The Development of Plasma DeSO_x & DeNO_x System for Demonstration at Coal Power Plant

장길홍, 백민수, 유정석, 김태희
한국중공업 기술연구원 환경기술연구실

1. 서론

현재 저온 플라즈마를 이용한 대기오염물질 제어 연구가 국내외적으로 활발하게 진행되고 있다. 특히 국내에서는 강화된 대기오염에 대한 배출허용기준을 준수하기 위하여 황산화물 및 질소산화물을 제거하기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 이와 병행하여 휘발성 유기화합물(VOCs; Volatile Organic Compounds)에 대한 연구도 진행중에 있다. 국외에서는 일본의 Ebara, 이탈리아의 ENEL, 미국의 RTI, (Lawrence Livermore National Lab.), 캐나다의 McMaster대학 및 유럽의 일부 국가를 중심으로 저온 플라즈마를 이용한 대기오염 제어기술을 연구중에 있으며, 국내에서는 한국 코트렉(주), 인하대학교, 한국 전력연구원, 한국 에너지연구소, 대우 고등기술원, 서울시립대학교, 경북대학교, 경남대학교 등에서 다양한 연구를 수행하고 있다. 대부분의 연구는 실험실규모에 한정되어 있으며, 반응기 형상, 전원 발생기의 성능에 따라 다양한 실험 결과가 보고되고 있다.

당 사에서는 지난 1994년부터 저온 플라즈마를 이용한 탈황탈질 기술에 대한 타당성 조사를 시작으로 1996년에는 발전소 발전용량으로 0.5MW급 Pilot Plant(처리가스 용량 : 1,800Nm³/hr)를 개발하였다. 현재는 실 발전소 배기가스를 이용한 실증 실험용 Demo. Plant(처리가스 용량 35,000Nm³/hr : 발전소 발전량 10MW)를 설치하여 실증 운전 준비중에 있다. 본 고에서는 당사의 기술개발 과정과 현재 실증실험을 위해 경상남도 하동군의 석탄 화력발전소에 설치된 플라즈마 탈황탈질 설비에 관하여 간단히 기술하였다.

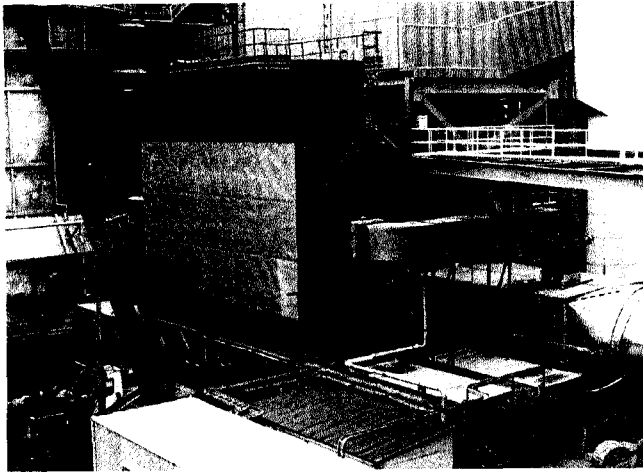
2. 본론

저온 플라즈마를 이용한 탈황탈질 시스템은 펄스 코로나 스트리머(Pulsed Corona Streamer)에 의해 반응기 내부에 강한 전계를 형성시켜 배출되는 배연가스의 화학반응을 유발시킨다. 강한 코로나를 얻기 위해서는 지속시간이 짧은 펄스 전압과 높은 불균등 전계를 형성하는 전극배열이 필요하다. 가장 보편적인 전극 배열형태는 선대 원통(Wire Cylinder)구조와 선대 평판(Wire Plate)구조이다. 그밖에 Packed-Bed형 반응기, Silent Discharge형 반응기, Point Plate형 반응기 등 다양한 형태가 알려져 있다. 이러한 반응기는 에너지 공급방법, 처리가스 및 시스템의 특성을 고려하여 선택할 수 있다.

2.1 Pilot Plant 개발

당 실에서는 기초 실험을 통하여 저온 플라즈마에 의한 제거 특성을 확인하여 1,800Nm³/hr의 배기가스를 처리할 수 있는 플라즈마 시스템을 개발하였다. 반응기 형상은 대형화가 용이한 Wire Plate구조이며, 펄스 전원공급장치는 MPC를 이용하여 최대 출력 30kW, 펄스폭 500nsec, 최대 전압 120kV의 사양으로 개발되었다. 처리가스는 석탄 연소 후 배출되는 가스를 이용하였으며, 온도 120℃, O₂ 13%의 운전 조건에서 실험하였다. 황산화물제거는 암모니아 가스를 당량비로 주입(NH₃ : SO₂ = 2 : 1)하여 90%이상 제거특성을 보였으며, 부산물로 (NH₄)₂SO₄를 검출하였다. 질소산화물의 제거는 연소중 90%이상 차지하는 NO를 NO₂로 산화시킨 후, 플라즈마 반응기 내에서 NH₄NO₃로 고형화 하여 제거한다. NO_x는 투입 에너지 증가에 따라 제거율이 증가한다. 투입되는 에너지 손실을 방지하기 위해 탄화수소계열 및 과산화수소수 첨가제를 주입하여 탈질 반응을 촉진시킬 수 있었다. 또한 탈질은 정상 운전 조건에서 70% 성능을 유지할 수 있었다.

Fig. 1. Plasma DeSO_x-DeNO_x equipment for demonstration at Ha-Dong power plant.(14. Sep. 1999)



(a) Layout of plasma DeSO_x-DeNO_x system.



(b) 120kW Pulse Generator

2.2 Demo. Plant 개발

발전소 발전용량으로 10MW급의 Demo. Plant 개발은 1997년과 1998년 2년에 걸친 Pilot Plant 실험 결과를 반영하여 개발하였다. 그림 1(a)는 하동발전소 4호기 후단에 설치중인 플라즈마 탈황탈질 설비의 전경 사진이다. 반응기 처리용량은 35,000Nm³/hr 규모이며 탈황율 90%, 탈질율 80%를 목표로 개발하였다. 반응기의 구조는 펄스 발생기와 전기적 정합을 이루면서 대형화시 발생될 수 있는 기계적 구조를 확보할 수 있도록 고안되었다. 반응기는 Wire Cylinder 형태의 반응기 장점과 Wire Plate의 구조적 장점을 조합하여 제작되었으며, 본 반응기를 단위 설비로 하여 대형화가 가능하다. 그림 1(b)의 펄스 전원 공급 장치는 반영구적인 수명의 고효율설비로 120kW의 출력을 내고 있으며, 펄스폭 500nsec, 최대 전압 120kV 이다.

플라즈마 탈황탈질설비는 전반부의 플라즈마 발생을 위한 플라즈마 반응기와 후반부의 반응후 생성된 부산물 포집을 위한 전기집진기로 구성되어있다. 처리가스의 유속은 0.8~1.4m/sec를 유지하며, 중성염 생성 및 탈질을 위한 첨가제가 주입된다.

3. 결론 및 향후 연구 방향

저온 플라즈마 기술의 많은 연구논문은 과도한 전력소모율, 낮은 탈질율, 대형화시 발생되는 설비의 구조적인 문제에 대하여 향후 실용화를 위해 풀어야할 과제로 보고되고 있다. 당 사에서는 기존의 전력 소비율 저감을 위하여, 펄스 발생기의 성능을 80%까지 상승시키고 반응기 손실을 방지하기 위해 반응기와 펄스 발생기 사이의 전기적 정합을 고려하여 설계하였다. 또한 탈질율 증가를 위해 첨가제를 주입하였으며, 첨가제 사용량은 원하는 탈질율에 따라 주입양이 결정된다.

국내의 탈황 설비는 습식 탈황설비를 탈질 설비로는 SNCR 또는 SCR 설비가 대부분 설치 또는 설치를 고려하고 있다. 그러나 이러한 설비의 대부분이 선진국과 기술을 제휴하여 설치하고 있어 일정액의 기술료를 지불하고 있는 실정이다. 이 같은 이유로 향후 확장되는 환경시장에서 선진국과 경쟁하기 위해서는 기술적 독립 및 기술개발이 필요하다. 당 사에서는 본 설비의 실증실험 완료 후 상용화를 실시할 예정이다.