

저온 플라즈마를 이용한 탈황탈질용 시스템

김수홍, 문상호, 한병욱, 이정흠, 권병기, 최창호
 (주) 포스콘 기술연구소

The DeNOx, DeSOx system using Non-thermal plasma

Soo-Hong Kim, Sang-Ho Moon, Byung-Wook Han, Jeung-Hum Lee, Byung-Ki Kwon, Chang-Ho Choi

POSCON CORPORATION R&D Center

Abstract

저온 플라즈마를 이용한 탈황탈질 시스템은 한 개의 반응기에서 오염물질을 동시에 제거함으로써 설비가 매우 compact하고 운전비가 저렴한 장점을 가지고 있다. 본 논문은 펄스 고전압 방전에 의한 저온플라즈마를 이용하여 Sox, Nox동시 제거를 위한 전원장치의 회로 구성과 전원장치의 동작특성을 설명하였다. 그리고 당사의 탈황탈질 시스템 기술현황 및 향후계획을 논의하였다.

1. 배경

오늘날 화석연료의 사용이 급증함에 따른 배기가스에 의한 대기오염은 인류의 생존을 위협하는 심각한 문제로 확대되고 있다. 이러한 대기오염물질중에서 NOx(질소산화물)과 Sox(황산화물)등은 대기오염을 일으키는 주된 원인으로 산성비, 지구온난화, 오존층 파괴등의 문제를 야기한다. 이 같은 문제점들을 해결하기 위해 다양한 기술들이 개발되었으며, 그 중에서 저온 플라즈마를 이용한 배가스 동시처리 공정이 SOx, NOx는 물론 Dioxin 등의 오염물질을 동시에 제거하며, 공정이 단순하고 설비투자비용이 적어 경제성과 탈황탈질 성능면에서 많은 장점을 가지고 있다.

플라즈마 처리공정을 위해서는 높은 활동성을 지닌 전자를 대량으로 생성해야 하며 이를 위해 코로나 방전의 일종인 스트리머방전을 요구한다. 이러한 방전에 필요한 대출력에너지를 자기펄스압축기(Magnetic Pulse Compressor)를 통해 플라즈마반응기로 전달되어 스트리머방전을 일으키게 된다. 그림1은 저온 플라즈마 배기가스 처리과정을 보여주고 있으며, 배가스 처리공정은 다음과 같다.

배가스 처리공정

- ① 반응기내 전극 사이에 고전압 Pulse를 인가하면 전류가 흐르게 된다.
- ② 이때 전기장 내의 전자들이 배가스내 입자들과 수없이 충돌하면서 자유전자를 발생시킨다.
: 화학적으로 활성이 높은 각종 라디칼 생성(O, OH, HO2, O3)
- ③ 발생된 라디칼들은 SOx, NOx와 반응하여 HNO3(질산), H2SO4(황산)을 만들고, NH3(암모니아)와 반응하여 암모늄을 생성한다.
: $HNO_3 + NH_3 \rightarrow NH_4NO_3$ (질산암모늄), $H_2SO_4 + 2NH_3 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$ (황산암모늄)
- ④ 생성된 암모늄염은 후단에서 포집되어 처리된다.

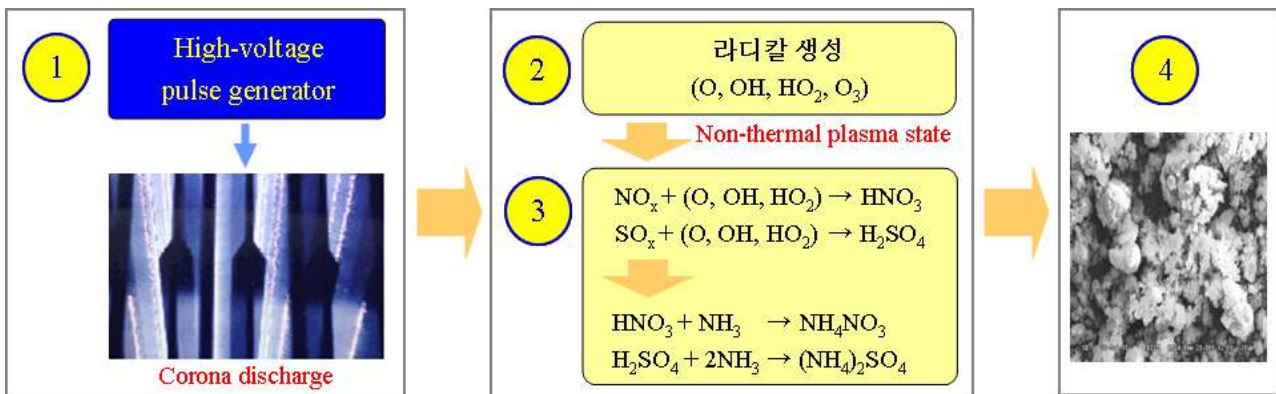


그림1. 플라즈마반응기 내의 배기가스 처리과정

2. 플라즈마를 이용한 탈황탈질 시스템 구성

그림2는 플라즈마를 이용한 탈황탈질시스템의 구성도를 보여준다. 그림에서 보듯이 플라즈마를 이용한 탈황탈질시스템은 MPC System, Plasma Plant, Plasma Process Controller의 세부분으로 구성되어 있으며, 각부분의 동작은 다음과 같다.

- ① MPC System은 코로나방전을 일으키기 위해 고전압 펄스를 발생한다.
- ② Plasma Plant(반응기, 약품공급설비, 측정장치)는 생성된 플라즈마를 이용하여 배가스 중의 유해물질을 처리한다.
- ③ Process Controller (플라즈마 공정제어기)는 이러한 일련의 공정들을 처리한다.

2.1 고전압 펄스 발생용 MPC System 회로구성

그림 3은 MPC System 회로구성과 출력파형을 보여준다. MPC System은 ① 커패시터(C_L)에 에너지를 충전시키는 커패시터 충전용 전원장치(Capacitor Charging Power Supply)와 ② 긴 수명과 높은 신뢰성을 갖는 자기스위치(MS_1 , MS_2)를 이용하여 충전된 에너지를 짧은 시간내에 방전시켜 펄스를 압축하는 MPC Tank와 플라즈마반응기(Plasma Reactor)로 구성되어있다. 그리고 MPC Tank는 Thyristor 스위치(S/W), 펄스 트랜스포머, 자기 스위치(MS_1 , MS_2), 구성된다. 시스템의 동작은 C_L 에 저장된 에너지가 S/W 에 의해서 C_L 으로 전달되고 MS_1 과 MS_2 자기스위치에 의해서 연속적으로 압축되어 최종 플라즈마반응기에 고전압펄스로 인가된다.

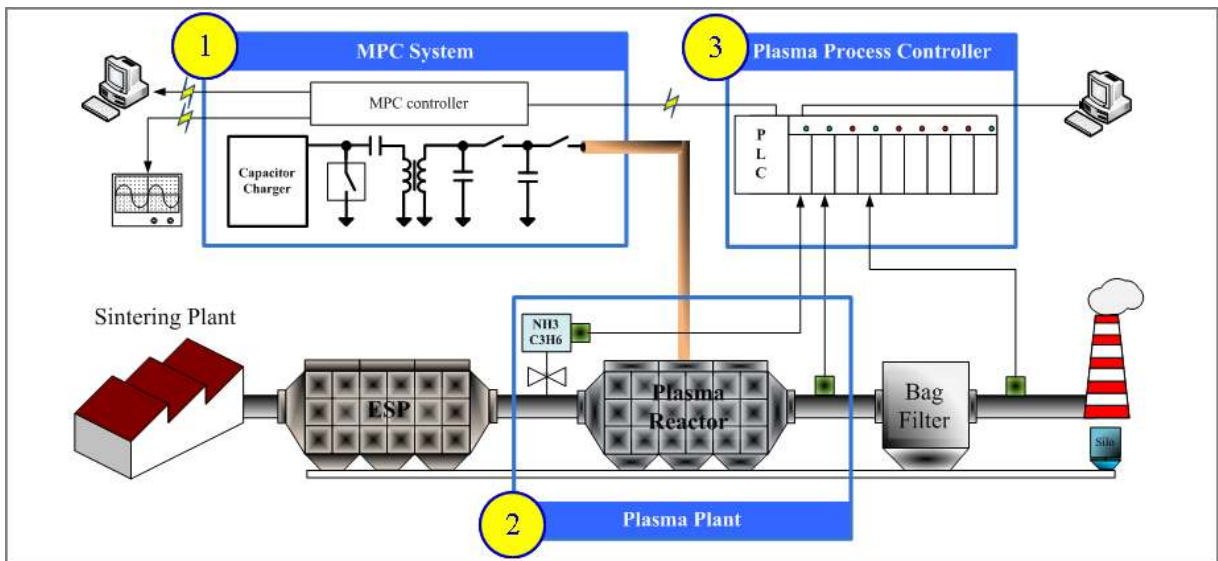


그림2. 플라즈마를 이용한 탈황탈질시스템의 구성도

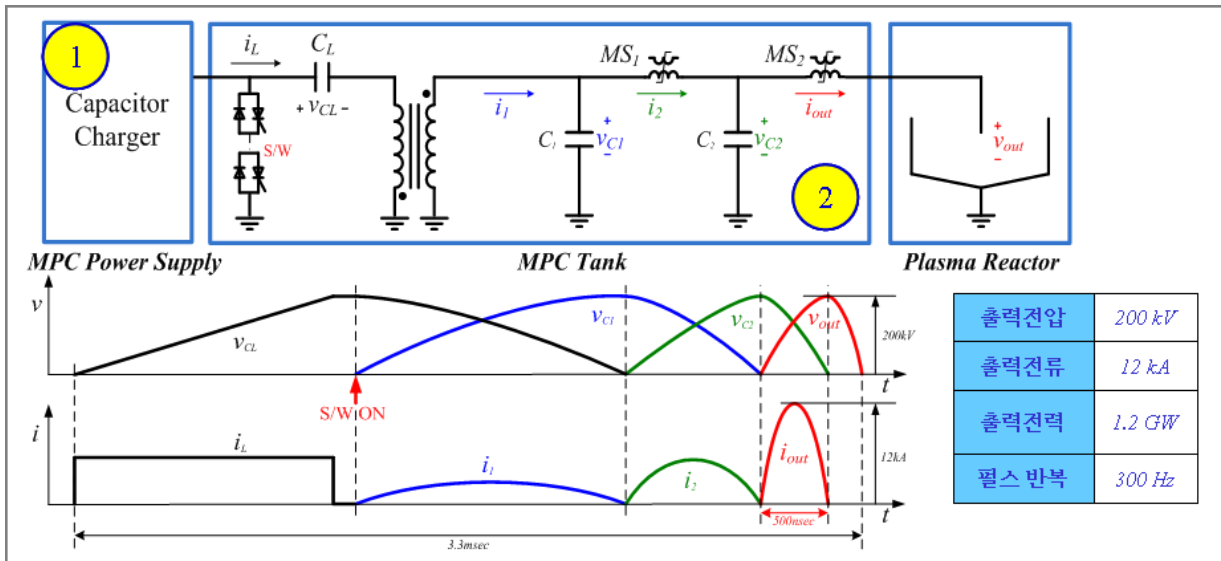


그림3. MPC System 회로구성과 출력파형

2.2 MPC System 전압-전류 및 CCPS 출력파형

그림 4는 MPC System의 전압-전류 및 CCPS의 PRF제어 파형을 보여주고 있다. MPC 시스템은 그림 3에 나타난 과정을 수행하는 동안 전압과 전류파형은 그림4에서와 같이 나타나며, 그림에서 보듯이 자기스위치 MS1과 MS2를 거치면서 전압과 전류가 점점 압축됨을 확인할 수 있다. 그리고 CCPS에서 출력된 에너지는 Thyristor스위치(S/W)가 턴-온되기 전까지 커패시터(CL)에 축적되며, S/W의 동작에 따라 원하는 펄스반복율로 제어된다는 것을 PRF제어파형을 통하여 알 수 있다. 그림에서는 전제 주기가 3.3ms일 때 커패시터 충전 시간은 약2.8ms이고, 데드타임은 약 0.5ms로 설정된 경우를 보여준다.

3. 결론

저온 플라즈마 탈황탈질시스템은 배가스에 포함된 SOx, NOx 는 물론 Dioxin 등의 오염물질을 제거하며, 회로는 MPC System, Plasma Plant, Plasma Process Controller 로 구성되어 있다. MPC 는 저온 플라즈마방식에 의해 탈황과 탈질을 동시에 처리하므로 설비가 경제적이고 운영비가 저렴하다는 장점이 있다. 향후 포항제철소 1, 2 소결에 약 1,300,000[Nm³/Hr]용량의 플라즈마 탈황탈질시스템을 적용할 예정이며, 추가적인 연구개발과제를 통하여 MPC 시스템 대용량화 및 프로세스최적화를 수행할 예정이다.

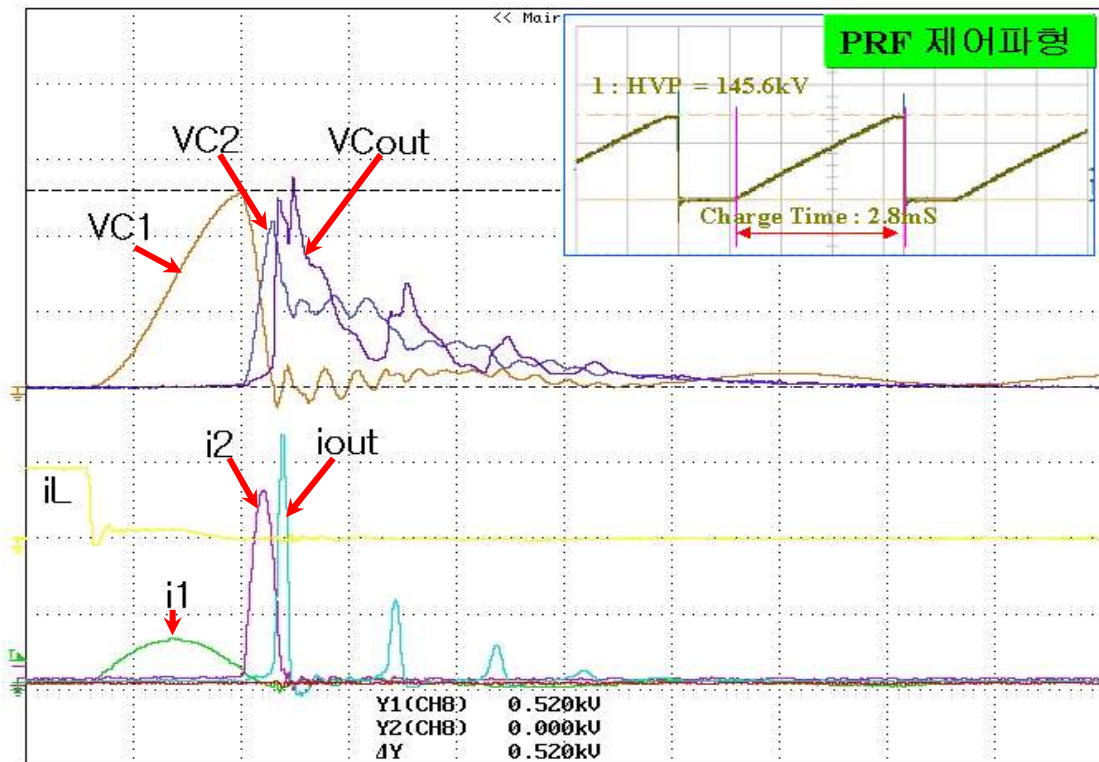


그림4. MPC시스템 전압 및 전류 파형 (50kV/div, 2kA/div, 5us/div)