

PD9) 핀-튜브형 저온 플라즈마 반응기를 이용한 탈황탈질 시스템 개발

Development of DeSOx & DeNOx System

Using Fin-tube Type Non-thermal Plasma Reactor

김유석, 백민수, 유정석, 김태희, 최석호, 문길호
두산중공업(주) 기술연구원 환경기술연구팀

1. 서 론

플라즈마를 이용한 가스상 오염물질 처리에 대한 연구는 일부 선진국에서 1970년대부터 시작되어 현재는 상용화 연구가 활발히 진행되고 있으며, 국내에서도 1990년대 중반부터 화력발전소에서 배출되는 연소가스 중의 유해성분을 처리하기 위한 연구를 필두로 최근에는 휘발성 유기화합물(VOCs) 분해관련 연구 등 상당한 연구가 수행되고 있다. 저온 플라즈마 공정은 전기적 방전 특성을 이용하므로 스트리머 코로나 형성영역인 반응기와 전원공급장치 사이의 기계적·전기적 매칭(matching)이 중요한 과제이다. 지금까지 보고된 저온 플라즈마 반응기의 형상은 대부분 와이어-플레이트(wire-plate) 혹은 와이어-실린더(wire-cylinder) 형태로 구성되어 있으며, 이중 와이어-실린더 형상을 이용한 상용급 플랜트가 일본에서 개발되어 테스트 중에 있다.

본 연구에서는 저온 플라즈마 반응기의 상용화를 위해 와이어-플레이트와 와이어-실린더 형태의 장점을 복합하여 새로운 형태의 핀-튜브형 반응기를 개발하였으며, 신형 반응기의 길이 변화에 따른 전기적 특성을 고찰하여 대형 반응기 기본설계를 위한 기초자료로 활용하였다.

2. 연구 방법

실험에 사용된 반응기는 원형관에 날개 형태의 핀을 부착하여 양극(+극)의 방전극으로 사용하고, 방전극과 동일 간격을 확보할 수 있도록 원형의 음극(-극)관을 일정 거리에 설치하였다. 와이어-플레이트 형태에서 발생되는 180°의 좌우 2곳 스트리머 코로나 영역을 90°간격의 4곳으로 증가시켜 동일한 에너지 밀도를 사용하면서 반응기 크기를 상대적으로 줄이도록 고안하였다. 그림 1은 가스 처리유량 50 Nm³/hr급 저온 플라즈마 반응기로서 양극에 부착된 핀 길이는 총 10 m이고, 그림 2는 200 Nm³/hr급 반응기로 2개의 필드(field)로 구성되어 있으며 핀 길이는 총 48 m이다.

본 실험에서는 먼저 50 Nm³/hr급 반응기의 핀 길이를 최소 2.5 m부터 2.5 m씩 증가시켜 가며 실험하였고, 200 Nm³/hr급 반응기를 이용해 최소 핀 길이 12 m부터 최대 48 m까지 변화할 때 이에 대한 전

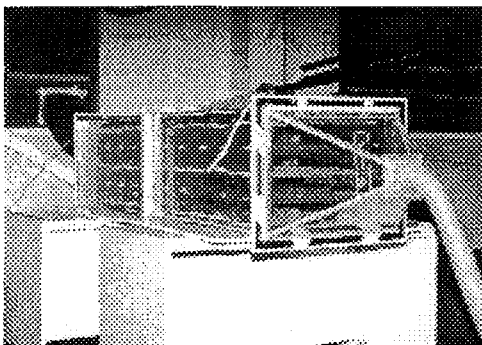


Fig. 473. Non-thermal plasma reactor of horizontal array having 10 m fin-length (gas flow capacity : 50 Nm³/hr)

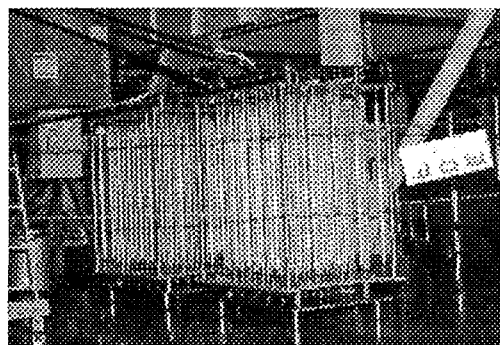


Fig. 474. Non-thermal plasma reactor of vertical array having 48 m fin-length (gas flow capacity : 200 Nm³/hr)

기적 특성을 연구하였다. 이때 실험에 사용된 펄스전원 공급장치는 자기펄스압축(Magnetic Pulse Compression) 방식으로 최대 출력 30 kW, 첨두 전압 100 kV, 첨두 전류 5 kA, 펄스당 에너지 100 J, 펄스폭(FWHM) 500 nsec 및 펄스 상승시간 200 nsec의 성능을 나타내도록 설계되었으며 펄스 반복율(repetition rate)은 300 pps(pulse per second)까지 조절이 가능하다.

3. 결과 및 고찰

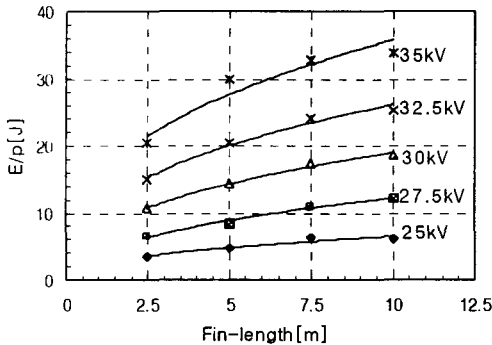


Fig. 3. Energy per pulse to the change of fin-length and charging voltage for non-thermal plasma reactor with horizontal array

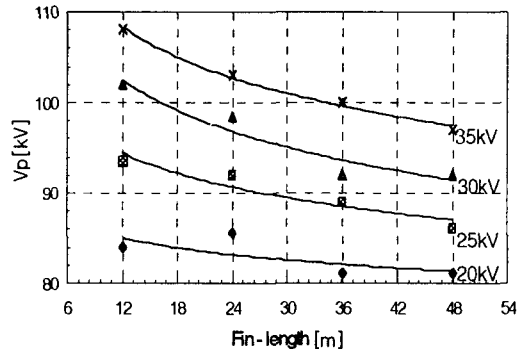


Fig. 4. Peak voltage to the change of fin-length and charging voltage for non-thermal plasma reactor with vertical array

그림 3은 50 Nm³/hr급 반응기를 이용한 실험결과로 펄스전원 공급장치의 설정 전압(charging voltage)을 스트리머가 발생하기 시작하는 25 kV에서 점차 증가시켰으며, 펄스 반복율은 20 pps(pulse per second)를 유지하고 핀 길이를 변화시켰다. 핀 길이가 증가할수록 펄스당 에너지는 증가하다가 핀 길이 7.5 m 이후에서는 증가폭이 둔화되어 핀 길이가 약 2배 되어도 전압의 상승은 5 kV 이상이 어려웠다. 즉, 전압의 상승은 억제되고 전류가 증가되어 펄스당 에너지는 전류의 변화에 의존적이었다. 그림 4는 200 Nm³/hr급 반응기의 실험조건으로 20 kV의 설정 전압부터 35 kV까지 펄스 반복율 10 pps로 테스트하였다. 펄스당 에너지는 역시 증가하였으며 설정 전압 35 kV에서 반응기 길이가 각각 12 m, 36 m, 48 m로 증가할 때 58 J, 69 J 및 72 J이 측정되었다. 반응기 길이가 증가할수록 펄스당 에너지는 실험범위 내에서 선형적 증가를 보였지만, 펄스의 피크 전압(peak voltage)이 오히려 감소하였다. 이러한 현상은 부하 임피던스(load impedance)의 감소로 인하여 전류가 상대적으로 크게 증가하였기 때문인 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 실험을 통하여 핀-튜브형 저온 플라즈마 반응기의 길이 변화에 따른 전기적 특성을 관찰하였다. 반응기 길이가 증가함에 따라 펄스당 에너지는 증가하였으며, 반응기 길이가 약 25 m 이상 길어질 때 반응기로 인가되는 펄스의 피크 전압이 감소하였는데, 이러한 사실들은 대형 저온 플라즈마 반응기와 펄스전원 공급장치 설계시 고려해야할 주요변수들이다. 즉, 저온 플라즈마 반응기와 펄스전원 공급장치 사이의 기계적·전기적 매칭(matching)은 경제성과 연관된 중요문제이므로, 효과적이며 효율적인 저온 플라즈마 영역 형성을 위한 지속적인 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- Tae-Hee Kim (1999) Development of 0.5 MWe Scale DeSOx-DeNOx System Using Pulsed Corona Discharge, 13th U.S./Korea Joint Workshop on Energy and Environment, 325~335
- Shunsuke Hosokawa (2001) PPCP Pilot Plant Experiments for Decomposition of Dioxins, 3rd International Symposium on Non-thermal Plasma Technology for Pollution Control, 153~158