

PS26(CT) 코로나 방전을 이용한 VOCs 처리 특성

Characteristics of VOCs Treatment Using Corona Discharge

송영훈·김관태·신완호·최영석¹⁾·이원남¹⁾

한국기계연구원, ¹⁾단국대학교 기계공학과

1. 서론

최근 고도산화법(Advanced Oxidation Technologies)을 이용하여 대기중의 VOCs 또는 폐수를 처리하는 다양한 방법들이 제안되고 있으며, 이와 같은 고도산화법의 한 공정으로서 코로나 방전을 이용하여 대기중의 유해가스를 처리하는 연구결과가 국내외에서 활발히 소개되고 있다^{(1), (2), (3)}. 코로나 방전을 이용한 유해가스 처리 공정의 실용화에서 가장 큰 장애가 되고 있는 사항은 소요전력에 대한 의문이며, 아직까지도 이에 대한 뚜렷한 해결책은 없는 것으로 평가되고 있다. 코로나 공정에서 소요전력이 클 경우 경제성이 저하되는 요인은 전력 사용량 증가에 따른 운전비용 증가와 대용량의 전원공급 장치 때문이며, 특히 초기 설치비의 대부분을 차지하는 전원공급장치의 저범화는 실용화에 있어서 매우 중요한 의미를 갖게 된다. 본 연구에서는 펄스 전원장치 및 AC 전원장치를 각각 이용하여 VOCs를 처리할 경우의 성능을 비교하였으며, 이를 통해 가격이 저렴한 AC 전원장치를 이용한 VOCs 처리 공정의 가능성을 살펴보았다. 한편, 본 연구에서는 코로나 공정의 전력소모량을 줄이기 위해 수분 및 과산화수소를 첨가하여 VOCs의 제거특성을 살펴봄으로서 공정의 효율을 높이는 연구를 수행하였다.

2. 실험방법

그림 1은 본 실험에서 사용된 실험장치의 개략도로써 C₂H₄, C₃H₆, 및 toluene을 코로나 반응기 전후단에 각각 별도로 공급할 수 있도록 설계하였다. 흔히 알려진 바로는 VOCs는 코로나 반응기에서 발생된 전자 혹은 수명이 수 μ sec 정도로 짧은 radical (O, OH radical), 또는 수명이 수 십 분에 이르는 O₃에 의해 제거되는 것으로 되어 있으나⁽³⁾, 이들 다양한 화학반응물질이 과연 얼마만큼 반응에 기여하는지는 명확하지 않다. 이를 규명하기 위해 본 실험에서는 반응기 전단 혹은 후단에 VOCs를 공급하여 제거실험을 수행하였는데, 각 실험조건에서의 제거율을 비교함으로써 수명이 긴 O₃이 반응에 주도적인 역할을 하였는지 아니면 수명이 짧은 화학종이 반응에 주요한 기여를 하였는지를 살펴볼 수 있었다. 본 실험에서 AC 전원장치에 연결하여 사용된 반응기는 종래 여러 연구자에 의해 사용되어 왔던 유전체 장벽이 있는 packed-bed 형 반응기였으며, 펄스 전원장치와 연결된 반응기는 wire-plate 형 반응기를 사용하였다. 본 실험에서 VOCs의 계측은 Gas Chromatography를 사용하였으며, 계측보정은 한국표준연구원서 제조된 표준 gas를 사용하여 수행되었다.

3. 결과 및 토의

그림 2는 상온의 공기에 존재하는 C₂H₄를 펄스 코로나를 이용하여 제거한 실험결과로 그림에서 볼 수 있듯이 반응기 전단 및 후단에 C₂H₄를 공급한 경우 커다란 차이 없이 제거율이 나타나고 있음을 알 수 있다. 본 실험에서 반응기 후단에 C₂H₄를 공급한 위치는 carrier gas가 반응기를 통과한 후 약 1 초가 지난 위치로 이 위치에서는 수명이 짧은 전자나 radical이 존재할 수 없는 구역으로 볼 수 있다. 따라서 C₂H₄를 제거하는데 주된 역할을 하는 화학종은 O₃임을 알 수 있다.

펄스 코로나 실험을 마친 후 AC 전원장치 및 유전체 장벽이 있는 반응기에서 C₂H₄, C₃H₆, 및 toluene을 제거하는 실험을 수행하였으며, digital oscilloscope를 통해 펄스 및 AC 전원장치에서 반응기로 투입되는 각각의 전력소비량을 계측하였다. 실험결과 AC 전원장치를 사용할 경우 펄스전원장치를 사용한 경우에 비해 약 절반의 전력투입으로 동일한 양의 VOCs를 제거할 수 있었다. 따라서 운전전력의 절감을 위해서는 AC 전원장치 및 유전체 장벽이 있는 반응기를 사용하는 경우가 유리할 수 있음을 알 수 있었다.

그림 3은 유전체 장벽이 있는 반응기에서 toluene을 제거한 실험결과로 반응에 수분 및 과산화수소를 첨가할 경우 동일한 전력조건에서도 제거율이 상승할 수 있음을 보여주고 있다. 한편, 본 실험에서는 실험이 상온에서 수행되었기 때문에 수분 및 과산화수소를 반응기에 공급하는데 제약이 따랐으며, carrier gas의 온도가 높을 경우 보다 쉽게 첨가제를 공급할 수 있어 첨가제의 효과를 더욱 극대화 할 수 있음을 예상할 수 있었다.

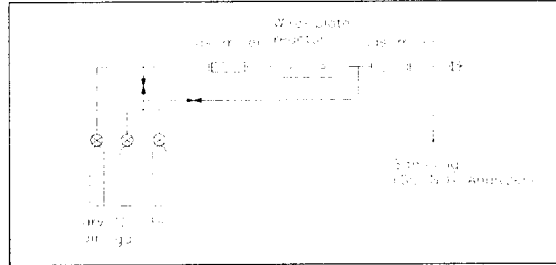


Fig. 1. Schematic of Experimental Apparatus

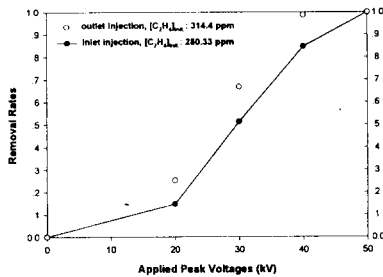


Fig. 2. Removal rates with different locations of C_2H_4 injection

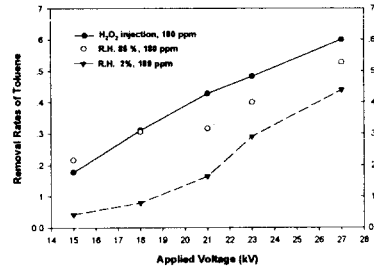


Fig. 3. Removal rates of toluene with chemical additives

참고 문헌

- 1) 이 주상, 김 신도, 김 광영, 김 종호, "연면방전의 플라즈마 화학처리에 의한 유해가스제어 성능에 관한 연구", 한국대기보전학회지 제 11권 제 12호, pp. 185-190, 1995
- 2) Song Y-H., Shin W-H., Kim G-T., Kim S-J., Paek M-S., Jang G-H., "Effects of Chemical Additives on Pulse Corona Process to Treat Combustion Flue Gas", Proceedings of 7th International Conference on Electrostatic Precipitation, Sept. 20-25, 1998, Kyungju, Korea3)
- 3) T. Yamamoto, "VOC Decomposition by Nonthermal Plasma Processing - A New Approach", J. of Electrostatics, Vol 42, pp. 227-238, 1997