

다단식 코로나 방전을 이용한 디젤엔진 탈질장치 개발

장 덕례, 이성풍
고등기술연구원 신과제개발팀

Development of DeNO_x system for diesel engine using multi-stage corona discharge reactor

Duck-Rye Chang, Seong-Poong Lee
Institute for Advanced Engineering,
New Project Development Team

서론

최근 자동차의 급격한 증가와 더불어 대기오염 물질에 대한 자동차 배기가스로 방출되는 오염물질의 점유율이 증가하는 추세이다. 자동차배기가스에서 많이 발생하는 오염물질로는 일산화탄소, 탄화수소, 질소산화물 및 입자상물질등이 있다. 이러한 오염물질중 주로 가솔린 자동차로부터 많이 배출되는 일산화탄소와 탄화수소는 삼원촉매장치의 부착으로 어느정도 정화되어 대기상으로 배출된다. 그러나 디젤자동차에서 배출되는 NO_x, SO₂ 및 입자상물질은 자동차 선진국에서도 아직 가솔린 자동차 배출가스 방지기술과 같이 완벽한 기술이 개발되지 않아 NO_x 및 입자상물질의 양이 매년 증가하고 있으며, 우리나라와 같이 디젤자동차 점유율이 높은(>35%)경우 대기오염에 미치는 영향이 지대하다. 이 중 질소산화물은 대기의 질을 악화시키는 스모그 및 산성비의 원인이 되기 때문에 이들을 효율적으로 제거하는데 많은 노력이 기울어지고 있다.

디젤엔진에서 배출되는 NO_x를 감소시키기 위해서 연소온도를 낮게하면 soot의 생성이 증가될뿐 아니라 Engine Performance도 현저히 저하된다. 후처리장치에서 NO_x를 제거하는 정화시스템이 개발된다면 엔진효율을 증진시킬 수 있을뿐 아니라 particular, soot등 오염물을 경제적이고 효율적인 방법으로 억제시킬 수 있다.

희박연소인 디젤엔진에서 배출되는 NO_x는 배출가스중 과잉의 산소와 황합유량이 가솔린엔진보다 많아 기존 삼원촉매로서는 제거효율이 낮을 뿐아니라 촉매의 활성저하가 심해서 가솔린엔진 자동차의 경우와 같은 상용화에 어려움을 겪고 있다.

이 연구는 디젤엔진에서 배출되는 SO₂, NO_x, H₂S등 오염물질을 플라즈마 화학방법인, 특히 corona 방전에 의한 DeNO_x 정화기술이다. 이러한 플라즈마 기술을 이용하여 디젤엔진등에서 배출되는 질소산화물은 Corona 방전 반응기를 통과하면 대기중으로 정화되어 배출된다. 그러나 코로나 방전을 이용하여 배기가스에 포함된 오염물질을 제거하는데에 가장 큰 문제점으로 전력에너지 효율을 극대화시키는데 있다. 본 연구에서는 이러한 전력에너지의 효율을 극대화시키기 위하여 방전극의 기하학적인 구조를 감안하여 다침/다단식 방전극을 고안하였다. 실

험적으로 다침의 방전극에서 각침마다 균일한 Corona 방전이 일어나는 것을 확인하였으며, 이러한 각단을 다단으로 방전극을 설치하여 높은 Flow rate에서도 NOx의 제거효율이 높도록 하였다.

이론

Corona 방전을 이용한 Plasma 화학적인 방법은 고전압에 의해서 방전개시극으로부터 방출되는 고에너지의 전자들이 주위의 가스 분자들과 충돌하면서 분자들을 이온화, 여기화 또는 라디칼화 시키고 화학적인 반응성을 높이게 되어 분해반응으로까지 유도하는 공정이다. 이러한 일련의 반응들은 극히 짧은 시간 동안에 일어나므로 주위 가스분자들과 미처 열역학적인 평형에 도달하기 이전에 반응이 완료되는 비평형적인 분해반응이므로 반응효율을 극대화 될 수 있는 장점이 있다. 이러한 플라즈마 기술을 이용하여 배연가스의 오염물질을 처리하기 위한 가장 큰 문제점으로 지적되는 것은 고전압의 사용과 전극판의 기하학적인 구조에 따라 배기가스의 제거에 영향을 미치기 때문에 코로나 방전 반응기의 설계가 중요한 인자이며 전력에너지의 효율(입력된 전력이 수행하는 정화가스의 양)을 극대화시키는 것이다. 일반적으로 Corona방전은 방출되는 전자의 에너지가 높은반면 소모되는 전력이 적어서 각종 분자를 효율적으로 분해시켜 제거할 수 있다. 그러나 Corona방전은 Plasma가 전극 주위에만 국한되어 형성되는 단점을 가지고 있으므로 효과적으로 오염물질을 제거하기 위해서는 플라즈마 발생이 균일하면서 많이 형성될 수 있도록 해야 하기 때문에 방전극의 형태 및 방전의 진행 양상에 대한 다각적인 연구가 필요하다. 특히 기체 흐름에 따라서 정렬되는 방전극의 배열과 방전극간의 간격등의 조건에 따라서 제거효율이 달라지므로 처리되어야 할 가스가 플라즈마 반응에 참여될 수 있는 기회를 극대화시킬 수 있도록 반응공학적으로 면밀하고 정확한 방전극의 설계가 요구된다.

이러한 플라즈마 기술을 이용하여 디젤기관에서 배출되는 질소산화물을 저렴하고 효율적인 방법으로 정화하는 시스템이 개발된다면, 고가의 화학촉매 개발이 불필요하고 반영구적인 정화장치로서 널리 활용될 수 있다.

실험

디젤자동차용 배기가스제거를 위한 실험장치의 구성은 Gas유입부분, 유해가스제거반응부분, 분석부분으로 구성되어 있다.

실험은 NOx, N2가스를 실린더로부터 Mass Flow Controller을 이용하여 일정농도 유량으로 모의 가스를 만들어 다침/다단식 Stainless Steel 반응기를 통과시켜 제거한 후 유해가스의 제거되는 양은 NOx, SO2 Analyzer(Bacharach co, Model 300)을 사용하여 측정하였다. 다침/다단식 반응기내에서 균일한 코로나방전이 일어나도록 고전압의 공급원으로 DC High Voltage Power Supply(30kV, 10mA)를 주문제작하여 사용하였으며, Oscilloscope(Tektronix 410A)을 사용하여 전압과 전류의 파형을 확인하였다.

결과 및 토론

Fig.1은 상온 상압하에서 다침/다단식 코로나 방전극을 통과하였을 때 NOx의 제거량을 보여준다. 방전극간의 거리를 5 mm에서 40 mm 까지 변화시켜가며 실험한 결과 방전극간 거리가 15mm일 때 적합한 코로나 방전이 이루어지므로 극간거리를 15mm로 고정한 후 실험한 결과이다. 일단 코로나 방전을 균일하게 유지하면 NOx 제거 효율이 급격히 증가하였다. 실험에서 사용된 다침의 방전극에서는 각 침마다 균일한 코로나 방전이 이루어짐을 확인하였다. 기존 디젤엔진에서 배출되는 NOx등 유해물질을 플라즈마 화학방법을 이용하여 제거하는데 가장 큰 문제점으로 지적되는 것은 고전압의 사용과 전극판의 기하학적인 구조가 배기가스 제거 효율에 미치는 영향이고, 이러한 조건들은 코로나 방전반응기 설계의 중요한 인자가 되며 결과적으로 전력에너지의 효율(입력된 전력이 수행하는 정화가스의 양)을 극대화시키는 것이다. 이러한 문제점들을 보완하기 위하여 다침다단식 코로나 방전극을 사용하였으며 높은 Flow rate에서도 NOx제거효율을 높일 수 있도록 고안하였다.

참고문헌

1. M. Higashi, S. Uchida, N. Suzuki, and K. Fujii, IEEE Trans. Plasma. Sci., 20(1),1992.
2. D. J. Helfritch and P. L. Feldmen, Radiat. Phys. Chem. 24(1),1984.
3. S. K. Dhali and I. Sardia, J. Appl. Phys., 69(9), 1991.
4. A. Mizuno, K. Shimizu, A. Chakrabarti, L. Dascalescu, and S. Furuta IEEE Trans. on Ind. Appl., 31(5), 1995.

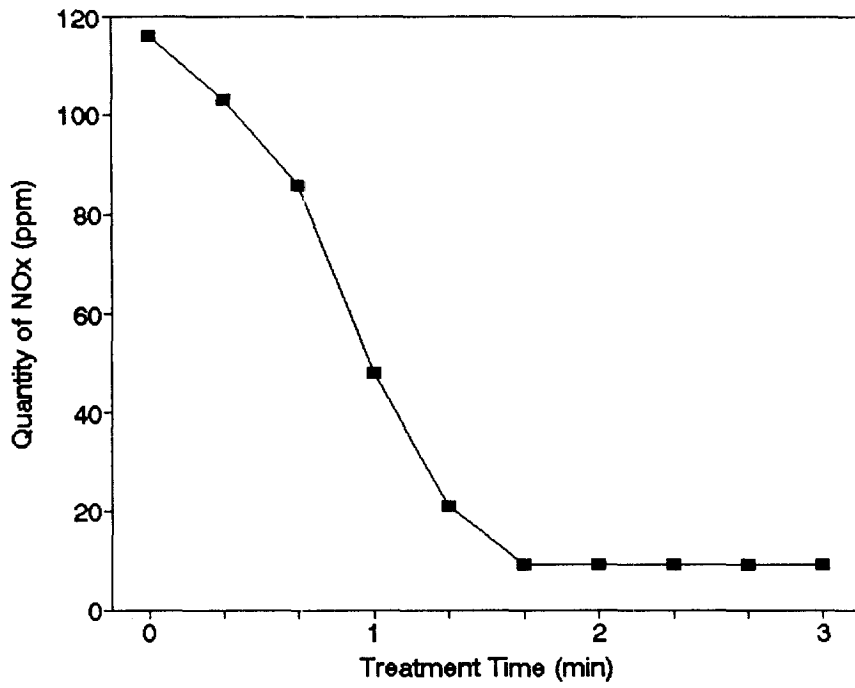


Fig. 1. NOx Reduction characteristics.