

DB4) 전기방전 공정의 환경공학적 응용기술의 원리 및 적용 Principles and Applications of Electrical Discharge Process in Environmental Fields

정재우 · 박정호 · 이용환¹⁾ · 조무현¹⁾

진주산업대학교 환경공학과, ¹⁾포항공과대학교 환경공학부

1. 서 론

비교적 최근에 환경오염물질의 제거를 위한 전기방전 기술이 큰 관심을 끌고 있으며 재래적인 기술들을 증가하는 여러 가지 장점으로 인해 많은 연구들이 강도 높게 수행되고 있다. 전기방전 기술의 대표적인 환경공학적 응용분야는 입자상 오염물질의 제거를 위한 전기 집진기, 수처리에 사용되는 오존발생기, 기체상 오염물질 제거를 위한 공정 등과 같은 저온 플라즈마 공정과 유해 폐기물의 처리를 위해 사용되는 고온 플라즈마 공정을 그 예로 들 수 있다(최금찬과 김신도, 1995). 플라즈마란 물질의 상태를 나타내는 용어로서 중성 배경기체를 포함하거나 포함하지 않은 이온과 전자의 집합체로 정의될 수 있다. 대략적으로 전기적으로 중성을 띄게 되지만 하전 입자들이 존재하므로 전기장 및 자기장에 의해 영향을 받는다는 특성을 가지고 있다. 본 연구에서는 환경공학적으로 응용되고 있는 플라즈마 공정의 종류와 원리에 관해 고찰하고 적용에 의해 얻어진 결과들을 중심으로 논하고자 한다.

2. 플라즈마의 환경 응용 원리 및 적용

플라즈마공정을 환경공학적으로 적용할 때의 장점은 표 1에 나타난 각 반응 요소들의 반응속도들을 비교함으로써 이해할 수 있다. 표에 나타난 바와 같이 라디칼, 이온, 전자, 그리고 에어로졸이 참여하는 반응의 속도는 중성 분자들간의 반응속도에 비해 매우 빠르다. 따라서, 활성화된 종들(라디칼, 이온, 전자 등)을 포함하는 상태인 플라즈마 공정은 작은 규모로 높은 효율을 기대할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

Table 1. Chemical reactions and reaction rates.

Reaction	2-body [cm^3/s]	3-body [cm^6/s]
molecule-molecule	10^{-14} to 10^{-31}	10^{-30} to 10^{-40}
atom/radical-molecule	10^{-11} to 10^{-24}	10^{-30} to 10^{-36}
ion-atom/molecule	10^{-9} to 10^{-13}	10^{-28} to 10^{-32}
electron-molecule	10^{-7} to 10^{-11}	10^{-24} to 10^{-30}
positive-negative ion	10^{-6} to 10^{-8}	10^{-23} to 10^{-26}
electron-ion	10^{-6} to 10^{-7}	10^{-26} to 10^{-28}
molecule/radical-aerosol	$(10^{-9}$ to $10^{-10})\text{Rp}$	

3. 환경공학적 적용 예

그림 1은 코로나 방전공정 내에서의 일반적인 탈황·탈질 메카니즘을 나타내고 있다. 즉, 산소, 수분 등 산화성 물질들이 다량 함유된 배 가스 조건에서의 주된 탈황·탈질 메카니즘은 산화 메카니즘으로 알려져 있으며, 라디칼 반응에 의해 생성되는 최종물질은 황산과 질산의 산성 물질이다. 이러한 물질을 제거하기 위해 NH_3 와 같은 염기성 첨가제를 주입함으로써 얻어지는 최종 부산물은 ammonium sulfate와 nitrate 형태의 입자상 물질이다. 이러한 형태의 제거 메카니즘은 부산물이 생성된다는 측면에서 바람직하지 못하며 특히, 자동차, 선박 등 이동 발생원에의 적용이 힘들게 한다. 비교적 최근에 플라즈마-촉매 혼합 공정이 강도 높게 연구되고 있으며, 이 혼합 공정은 환원반응을 유도함으로써 부산물 생성을

방지할 수 있다는 장점을 갖고 있는 것으로 평가되고 있다. 이러한 혼합공정의 적용은 저온 플라즈마 공정이 질소산화물을 N_2 와 O_2 로 환원시키는데는 비효율적이지만 NO 를 NO_2 로 전환시키는데는 매우 효과적이며, 많은 촉매들은 NO 보다는 NO_2 의 상태일 때 높은 환원효율을 가지고 있다는 점에 착안점을 두고 있다. 현재, 이러한 혼합공정은 탈질뿐만 아니라 휘발성 유기화합물(VOC, volatile organic compounds)의 처리에도 활용되고 있다. 혼합공정에서 가장 널리 활용되고 있는 방전공정은 DBD(dielectric barrier discharge) 공정이다. 그림 2에는 DBD 공정내에서의 NO 와 몇 가지 VOC 물질의 제거경향을 나타내고 있다. NO 의 전환은 유입되는 농도의 함수이며 비교적 낮은 에너지의 유입으로 인해 NO 가 효율적으로 전환되는 현상을 볼 수 있다. VOC의 경우는 제거를 위한 에너지 소모가 비교적 높게 나타나고 있으며 이러한 에너지 소모 저감을 위한 연구들이 활발하게 수행되고 있는 실정이다.

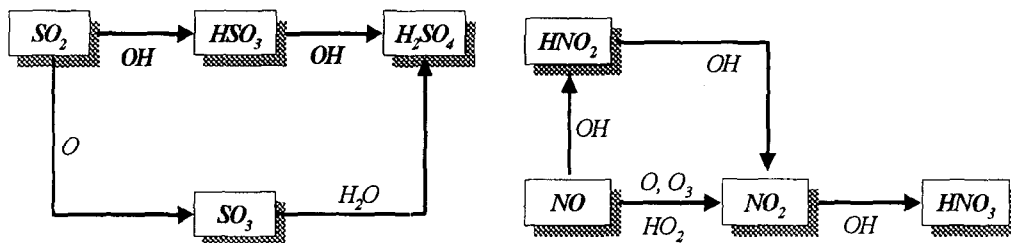


Fig. 1. Removal mechanisms of NO_x and SO_x in corona discharge process.

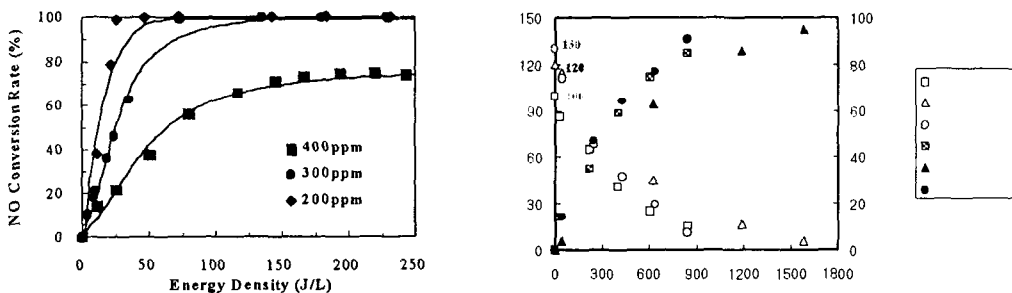


Fig. 2. Typical conversion trends of NO and some VOCs in dielectric barrier discharge process.

참고 문헌

- 최금찬, 김신도 (1995) 전기력을 이용한 배가스 처리의 기술동향, 한국대기환경학회지, 11(3), 232-243
 정재우 (2000) 「질소산화물 및 황산화물 제거를 위한 코로나 방전공정의 물리·화학적 특성」, 포항공과대학교 대학원 박사학위논문