

방전면적에 따른 유전체장벽 방전에 의한 오존생성 특성

(The Characteristics of Ozone Generation for Dielectric Barrier Discharge with Discharge Area variation)

이창호 · 박송규 · 김종현 · 이현철* · 송현직** · 이상근*** · 박원주 · 이광식
 (Chang-Ho Lee · Soong-Gyu Park · Jong-Hyun Kim · Hyun-Chul Lee ·
 Hyun-Jig Song · Sang-keun Lee · Won-zoo Park · Kwang-Sik Lee)

Abstract

Recently, ozone is utilized in various fields and its needs are expanding. In this paper, glass and ceramic plate type ozonizer have been fabricated to investigate discharge parameter(input power, flow rate of supplied gas, electrode form, etc.) effect to discharge. And the conditions of discharge parameter have been investigated for optimum ozone generation. Ozone concentration is continuously increased with increasing input power for same discharge space, and ozone yield is also increased until maximum point after that it is saturated. Ozone concentration is inversely proportional to flow rate of supplied gas but ozone generation and ozone yield characteristics are improved.

1. 서 론

대기 및 수질오염의 원인이 되는 오염물질의 제거나 발생저감을 위한 대책의 하나로 전기적 방전현상으로 발생하는 오존의 강력한 산화력과 최종적으로는 산소로 환원되어 2차적인 환경오염을 발생시키지 않고 잔류물질이 남지 않는 오존의 활용이 제시되고 있다.

무성방전형 오존발생기의 방전 및 오존생성에 영향을 미치는 원료가스의 종류, 온도, 습도, 인가 전압, 전류 및 소비전력 등의 제 인자에 관한 연구를 통한 오존생성수율의 향상이 필연적이라 할 수 있다. 고농도의 오존발생을 얻기 위해서는 낮은 전압에서 효율적인 유전체장벽 방전의 발생 및 유지가 가능해야 하며, 이를 위해서는 유전체장벽 방전 특성에 미치는 유전체의 영향을 고찰한 후, 가장 효율적인 유전체 선정 및 방전관을 제작해야 한다.

또한 제작된 방전관의 최적 운용을 위하여 방전관의 유전체장벽 방전특성 및 오존생성특성을 세밀히 고찰해야 된다. 이에 본 논문에서는 glass와 ceramic 유전체를 이용하여 오존발생기를 제작하여 무성방전에 영향을 미치는 인자 중 원료가스의 유량 및 방전전력의 변화에 따른 오존생성농도, 오존생성량 및 오존생성수율을 연구·검토 하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1. 실험장치

그림1은 무성방전의 기본구조를 기초로 한 평판형 오

존발생기의 기본 전극배치도이다.

그림과 같이 1개 이상의 glass나 ceramic 등의 유전체를 삽입한 전극을 대향시켜 1~3[mm] 정도의 간극을 갖도록 설치한 후, 교류고전압을 인가하면서 산소를 포함하고 있는 기체를 공급하면 기체방전에 의하여 원료 가스 중에 포함된 산소의 일부가 방전에 의한 화학작용으로 오존을 생성하게 된다.

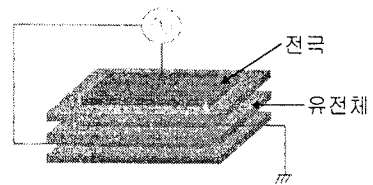


그림 1. 평판형 오존발생기 전극배치도
 Fig.1. Schematic diagram of plate type ozonizer

본 연구에서는 glass와 ceramic 유전체를 이용한 평판형 오존발생기를 설계·제작하였다. glass를 이용한 평판형 오존발생기는 glass(160×140×3[mm])에 전극(cu plate:100×100×0.1[mm])을 glass 한쪽 면에 붙여서 전극과 전극의 간극을 2[mm]로 하여 glass 3개를 적층시켜 방전공간이 2개인 구조이며, ceramic을 이용한 평판형 오존발생기는 고온동시소성 ceramic(High Temperature Cofired Ceramics ; HTCC, Alumina 96% :180×50×1.5[mm]) 판 위에 Ag 방전전극을 후막인 쇠한 전극과 전극의 간극을 0.5[mm]로 하여 ceramic 3개를 적층시킨 방전공간이 2개인 구조이다.

전원장치는 상용의 neon transformer(이하 NT, 일

력전압 : AC 220 [V], 입력전력 : AC 150 [VA])에서 발생하는 교류전원을 사용하였으며, 이때 NT 양 출력 단자에는 동일 크기의 교류고전압이 180[°]의 위상차로 형성되면서 평판형 오존발생기의 두 전극에 각각 인가한다. 이때, 유량의 변화에 따른 방전전압, 방전전류를 고전압 분압기(2000 : 1), 분류기(10 : 1)로 측정하고, 방전전력은 digital power meter (0 ~ 500 [V], 0 ~ 30 [A], 0 ~ 9999 [W], accuracy ±0.2 [%], Light Star 社)를 이용하여 방전시의 전력, NT의 전력 손실, 선로손실 등을 포함한 오존발생 시스템에 소모되는 전력을 측정하였다. 그림2는 평판형 오존발생기의 개략도이며, 그림3은 평판형 오존발생기에 이용된 glass 및 ceramic 방전판의 규격을 나타내었다.

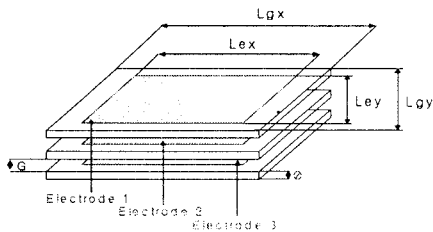


그림 2 평판형 오존발생기의 개략도
Fig.2. Schematic of plate type ozonizer

	방 전 공 간 [mm]			
	Lgx	Lgy	Lex	Ley
glass	160	140	100	100
ceramic	180	50	120	40

그림 3 방전판 규격
Fig.3. Dimensions of discharge plates

그림4는 오존 발생기, 원료가스 공급 장치, 전원 장치, 계측장치 등으로 오존 발생장치를 구성하여 오존 발생기의 방전 특성 및 오존 생성특성을 연구하기 위한 오존발생시스템치의 배치도이다.

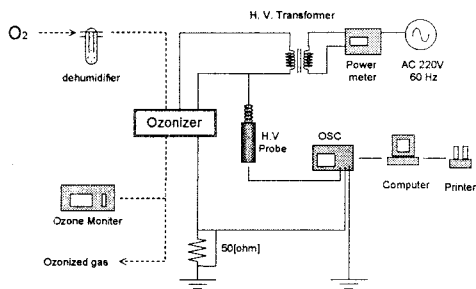


그림 4. 오존발생시스템의 개략도
Fig.4. Schematic of Ozone Generation System

2.2. 실험방법

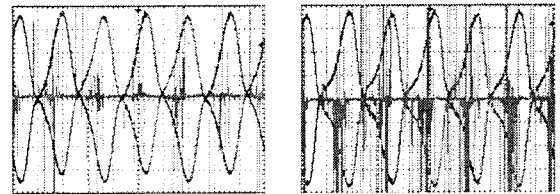
glass 및 ceramic을 이용한 평판형 오존발생기의 방

전특성 및 오존생성특성을 연구·검토하기 위하여 glass의 방전간극을 2[mm], ceramic의 방전간극을 0.5[mm]로 고정하고, 입력전압(40~240[V]) 및 원료가스의 유량(Q : 0.5, 1.0, 2.0 및 4.0[l/min]) 변화에 따른 방전전압(V_d), 방전전류(I_d) 및 방전전력(W)을 측정하였고, 평판형 오존발생기의 오존생성농도(O_{3con})를 측정하기 위하여 오존발생기 내에서 발생한 오존화가스를 0.3[l/min]로 sampling 하여 자외선 흡수방식의 기상용 오존 monitor(0~100,000[ppm], Okitronics 社, Japan)로 측정하여, 오존발생량(O_{3g}), 및 오존생성수율(O_{3Y})을 계산하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 유전체장벽 방전에 따른 방전특성

그림5는 glass를 사용한 평판형 오존발생기의 방전간극이 2[mm]일 때, 원료가스의 유량 및 인가전압의 변화에 따른 방전전압 및 방전전류 파형을 실측한 것을 나타낸 것이다. 유량의 변화가 있어도 방전전압 및 방전전류의 변화가 없는 것은 방전 공간 내부에서 발생한 미소방전주의 수가 유량에 따라 변화가 없이 거의 일정하기 때문이라 생각된다. 본 연구에서 제작된 무성방전형 오존발생기의 전극 면적이 넓어 전계의 영향이 강하기 때문에 유량에 관계없이 미소방전주의 수 변화가 거의 일정하기 때문에 방전전류는 거의 일정하게 나타난 것으로 사료된다.



CH1, CH2 : 2[kV/div], CH3 : 200[mV/div]
CH1, CH2, CH3 : 5[ms/div],

$V_d = 8.03$ [kV], $I_d = 0.83$ [mA], $V_d = 8.52$ [kV], $I_d = 0.88$ [mA]
a) $Q = 0.5$ [l/min] b) $Q = 4.0$ [l/min]

그림 5. 평판형 오존발생기의 방전전압 및 방전전류 (glass)

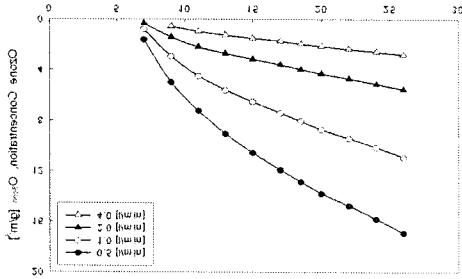
Fig.5. The waveform of discharge voltage and current of plate type ozonizer

3.2. 유전체장벽 방전에 따른 오존특성

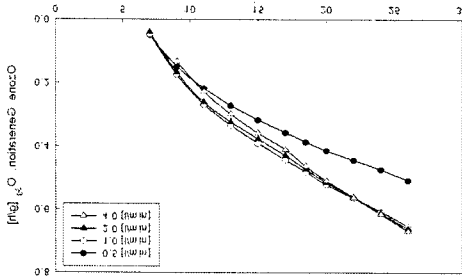
그림6는 glass를 사용한 평판형 오존발생기로서 방전간극이 2[mm]일 때, 유량 및 방전전력의 변화에 따른 오존생성특성을 나타낸 것이다. 그림과 같이 방전전력이 증가함에 따라서 오존생성농도 및 오존발생량이 증가하였으나, 오존생성수율은 증가하다 최대값을 가진후 포화되어 감소함을 알 수 있었다. 입력전력이 전원장치의 손실과 오존발생부에서 열을 발

생시켜 오존의 해리작용을 활성화 시키고 입력전력의 상승에 따른 방전부 내의 온도 상승으로 오존생성 저하 및 수율이 감소하는 것으로 사료된다.

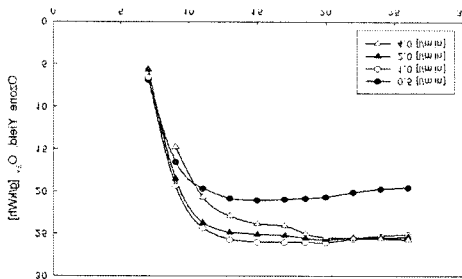
오존생성수율은 유량이 증가함에 따라 상승하는 것으로 나타나고 있다. 즉, 동일한 면적의 방전관에서 유량의 증가는 유속을 증가시키기 때문에 방전 공간 내부의 온도가 낮아짐으로 오존생성에 기여하는 여기산소원자의 발생을 위한 전자의 충돌확률이 증대되어 오존생성수율이 증가하게 된다.



가. 오존생성농도



나. 오존발생량

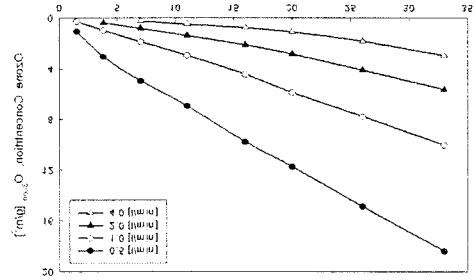


다. 오존생성수율

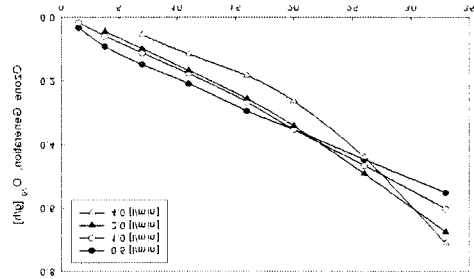
그림 6. 평판형 오존발생기의 오존생성특성(glass)
Fig.6. Ozone generation characteristics of plate type ozonizer

그림7은 ceramic을 이용한 평판형 오존발생기의 방전 간극이 0.5[mm]일 때, 유량 및 방전전력의 변화에 따른 오존생성특성을 나타낸 것이다. 그림에서 동일한 방전 전력에 대하여 유량이 감소할수록 오존생성농도가 상승

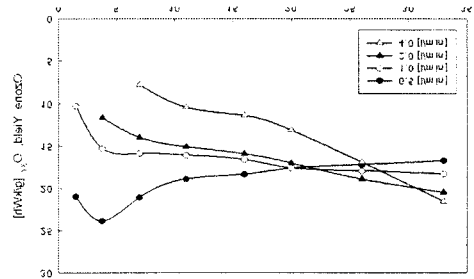
하는 것으로 나타났다. 유량이 감소함에 따라 원료가스가 방전 공간 내에 체류하는 시간이 길어지면서 무성방전에 의해 가속된 전자와 원료가스인 산소분자와의 충돌횟수가 증가함으로 오존을 생성하는 확률이 증대되어 오존생성농도가 증가하게 된다. 그리고 방전관에 투입되는 원료가스의 유량이 적을수록 유속이 느리게 되어 방전 공간 내부의 냉각효과 저하로 인하여 방전전력이 증가할수록 유전체에 의한 유전손실이 방전부에서 열에너지로 변환되어 온도가 증가하여 오존생성보다 해리반응이 촉진되어 오존생성농도의 저하를 가져오게 된다.



가. 오존생성농도



나. 오존발생량



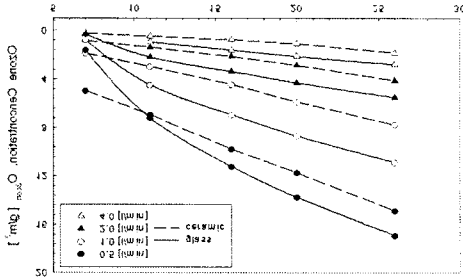
다. 오존생성수율

그림 7. 평판형 오존발생기의 오존생성특성
(ceramic)

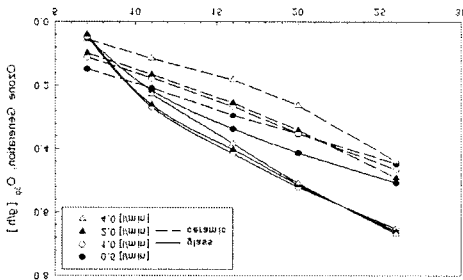
Fig.7. Ozone generation characteristics of plate type ozonizer

그림8은 glass 및 ceramic 평판형 오존발생기의 방전 전력이 7, 11, 16, 20 및 26[W]일 때, 유량의 변화에 따른 오존생성특성을 나타낸 것이다.

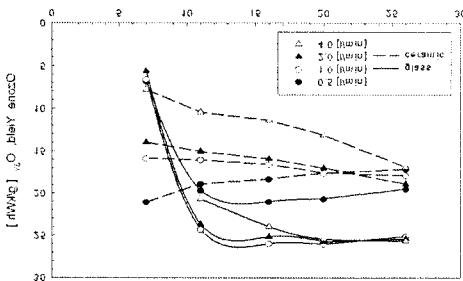
그림과 같이 동일한 방전전력에서 ceramic 오존발생기 보다 glass 오존발생기의 오존생성특성이 우수함을 알 수 있다. 방전전력에 의한 ceramic 방전관에 발생된 높은 열에 의해서 방전관내에 생성된 오존의 분해반응이 생성반응 보다 활발히 이루어져 오존생성특성이 억제된 결과로 사료된다.



가. 오존생성농도



나. 오존발생량



다. 오존생성수율

그림 8. 평판형 오존발생기의 오존생성특성
Fig.8. Ozone generation characteristics of three electrode plate type ozonizer

동일한 방전전력에 대하여 방전 면적이 넓어질 수록 방전 공간 내부에서 발생하는 무성방전이 상대적으로 쉽게 발생되므로 원료가스가 방전 공간 내에 체류하는 시간이 길어지면서 무성방전에 의해 가속된 전자와 원료가스 중에 포함된 산소분자와의 충돌횟수가 증대되므로 오존을 생성하는 확률이 증가하게 된다. 또한 원료가스의 유량이 적을 수록 유속이 느리게 되어 방전 공간 내부의 냉각

효과가 저하된 결과 미소방전주의 수가 증가하여 방전전류가 높아짐에 따라 방전공간의 전력밀도 상승으로 인한 방전공간내의 온도상승률에 비하여 유량에 의한 소효능력이 유량이 많을 대에 비하여 저하되다. 따라서 오존의 열분해 반응이 급격히 증가하므로 오존생성수율이 최대값 이후 포화하는 것이라 생각된다.

3. 결 론

본 논문에서는 glass 및 ceramic 유전체를 이용한 평판형 오존발생기를 제작하여, 무성방전특성과 오존생성농도, 오존발생량 및 오존생성수율 특성을 검토하였다.

glass 평판형 오존발생기의 최대 오존생성농도는 16.9[g/m³], 최대 오존발생량은 0.7[g/h], 최대 오존생성수율은 26.1[g/kWh], ceramic 평판형 오존발생기의 최대 오존생성농도는 18.4[g/m³], 최대 오존발생량은 0.7[g/h], 최대 오존생성수율은 23.9 [g/kWh]를 확인 할 수 있었다. glass 평판형 오존발생기는 방전전력이 증가함에 따라 오존생성농도와 오존발생량이 증가하였으나, 오존생성수율은 감소하였다. ceramic 평판형 오존발생기는 방전전력이 증가할수록 오존생성농도, 오존발생량 및 오존생성수율이 증가하였다. 오존생성농도 및 오존발생량은 glass 보다 ceramic 평판형 오존발생기가 우수하였으며, 오존생성수율은 glass가 우수함을 알 수 있었다. 동일한 방전전력에서는 유량이 감소할수록 오존생성농도는 증가하였고, 오존발생량 및 오존생성수율은 감소하였다.

참 고 문 헌

- [1] 李 廣植, 李 東仁, “氣體放電에 의한 오존생성과 그 應用”, 大韓電氣學會 放電·高電壓(研), 學術發表會 論文集, pp.32 ~ 35, 1992
- [2] 전병준, 이상근, 송현직, 김영훈, 박원주, 이광식, “3상 전압 인가형 중점방전형 오존발생기의 오존생성 상효율”, 대한전기학회 논문지, Vol, 49C, No.8, pp.486~476, 2000.
- [3] 이상근, 전병준, 박용권, 박원주, 이광식, 권혁한, 송현직, 박중협, “고주파 전압인가에 의한 무성방전형 오존발생기의 원료가스 온도특성에 관한 연구”, 한국조명전기설비학회 논문지, Vol.15, No5, pp46~54, 2001
- [4] Byung-Joon Chun, Sang-Keun Lee, Kwang-Sik Lee, “Ozone Generation Characteristics of a Piled Plate-Type Ozonizer”, KIEE Intertional Trans. on EA, 12C, No.1, pp.33~37, 2002.
- [5] Sang-Keun Lee, Hyun-Jig Song, Byung-Joon Chun, “The Characteristics of Ozone Generation in Superposed Discharge type Ozonizer”, Proceedings of 1998 Korea-Japan joint symposium on ED andHVE, pp.99 ~ 102, 1998