

고주파전원형 오존발생기의 방전 곱 변화 특성

(Characteristics of Ozonizer with Variation of Vacuum in Internal Electrode)

이창호●*, 전병준▲, 이상근●, 송현직▼, 이광식●

(Chang-Ho Lee, Byung-Joon Chun, Sang-Keun Lee, Hyen-Gig Song, Kwang-Sik Lee)

영남대학교●, SFA 연구원▲, 구미1대학▼

(Yeungnam Univ●, SFA Institute▲, Kumi 1 College▼)

Abstract

In this paper, a co-axial type ozonizer varied with discharge gap was designed and manufactured for investigating ① discharge characteristics with variation of output voltage power supply, flow rate and gap ② ozone generation characteristics with variation of flow rate, gap and discharge power. pure oxygen was used as process gas of the co-axial type ozonizer.

In this paper, a double cylindrical type superposed silent discharge type ozonizer which internal electrode can be produced a vacuum has been designed and manufactured. Discharge and ozone generation characteristics have been investigated in accordance with output voltage of power supply, flow-rate, discharge power and vacuum of internal electrode.

1. 서론

산업사회의 고도성장으로 대기 및 수질 등의 생활환경 오염이 점차 시급한 문제로 대두되고 있는 가운데, 세계 각국에서는 이미 오염대책을 마련하고 있으며, 환경보호를 위해 규제와 행정지도도 이루어지고 있다. 환경오염은 생태계뿐만 아니라 인체에도 상당한 영향을 미치므로 각계의 이목이 집중되고 있는 실정이다. 이러한 관점에서 환경오염의 원인이 되는 오염물질의 제거나 발생저감을 위한 대책의 일환으로, 전기적 방전현상에 의해 발생되는 오존의 활용이 제시되고 있다.

무성방전형 오존발생기의 이론적 오존생성수율은 1,200[g/kWh] 정도이지만, 공업용인 경우에는 산소가 원료가스인 경우 220[g/kWh], 공기가 원료가스인 경우가 90[g/kWh]로 이론치에 비하여 대단히 낮은 것으로 알려지고 있다.^{[1][2]}

따라서 무성방전형 오존발생기의 방전 및 오존생성에 영향을 미치는 원료가스의 종류, 온도, 습도, 인가전압, 전류 및 소비전력 등의 제 인자에 관한 연구를 통한 오존생성수율의 향상이 필연적이라 할 수 있다.^[4]

이러한 관점에서 본 논문에서는 1개의 유전체와 2개의 전극을 사용한 동축원통형 오존발생기(Coaxial Type Ozonizer, 이하 CTO)를 설계·제

작한 후 유전체 내부의 방전 곱에 따른 오존생성특성 및 방전특을 나타내었다.

2. 본론

2.1. 실험장치

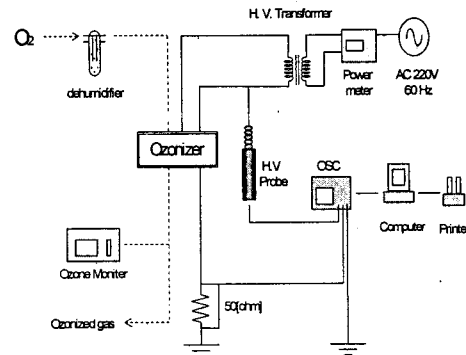


그림 1. 동축원통형 오존발생장치의 배치도
Fig. 1. Arrangement diagram of the ozonizer system

그림 1은 오존발생기, 원료가스 공급장치, 전원장치 및 계측장치 등으로 오존발생장치를 구성하여 오존발생기의 방전특성 및 오존생성특성을 연

구하기 위한 실험장치의 배치도를 나타낸 것이다.

그림에서 실선은 방전특성을 조사하기 위한 전원장치와 계측장치들을 연결한 회로이며, 점선은 오존생성특성을 연구하기 위한 가스 흐름선도로서 원료가스 공급장치 및 계측장치들을 통과하는 오존화 가스의 흐름을 나타낸 것이다.

전원장치(H.V source)는 상용의 Neon Transformer(이하 NT, 입력전압 : AC 220[V], 입력전력 : AC 150[VA])에서 발생하는 교류전원을 사용하였다.

이때, 유량 및 NT의 출력전압의 변화에 따른 방전개시전압, 방전개시전류, 방전파형, 및 외부유전체의 방전갭 변화에 따른 방전전압을 고전압 분압기(EP-50K, 분압비 = 2000 : 1, Pulse Electronics LTD, Japan), 분류기(분류비 = 10 : 1) 및 digital storage oscilloscope(Tektronix TDS3014, 100MHz, 1.25Gs/s)로 측정 후, 파형은 personal computer와 printer 로 출력하였다.

방전전력은 digital power meter(GPM-8212, 5 ~ 640[V], 0.64 ~ 20.48[A], 0 ~ 9999[W], accuracy : $\pm 0.2\%$, Instek LTD, Taiwan)를 이용하여 방전시의 전력, NT의 전력손실 및 선로손실 등을 포함한 NT 입력단에서 오존발생장치 전체회로에 소모되는 전력을 측정하였다.

2.2. 실험방법

무성방전을 이용한 동축원통형 오존발생장치의 방전특성 및 오존생성특성을 연구·검토하기 위하여 먼저 전원장치(NT)의 입력전압을 변화시키면서 무부하시 NT의 출력전압을 측정하였다.

오존발생기의 방전특성을 연구·검토하기 위하여 원료가스의 유량, NT의 출력전압 및 방전갭의 변화에 따른 오존발생기의 방전전압 및 방전파형을 digital storage oscilloscope와 컴퓨터 및 프린터를 이용하여 출력하였으며, 유량을 매개변수로 하였을 때, 방전갭의 변화에 대한 방전전압을 측정하였고, 방전전압에 대한 방전전력은 digital power meter 를 이용하여 측정하였다.

오존생성농도(O_{3con})를 측정하기 위하여 오존발생기 내에서 발생한 오존화가스를 매 실험마다 $0.3\ell/min$ 로 sampling 하여 자외선 흡수방식의 기상용 오존 monitor(0 ~ 100,000[ppm], Okitronics LTD, Japan)로 측정하여, 유량 및 방전전력의 변화에 따른 오존생성농도(O_{3con}), 오존발생량(O_{3g}) 및 오존생성수율(O_{3Y}) 등을 측정 및 계산하였다.

본 연구에서는 방전갭을 0.5 [mm], 2.5 [mm]로 조

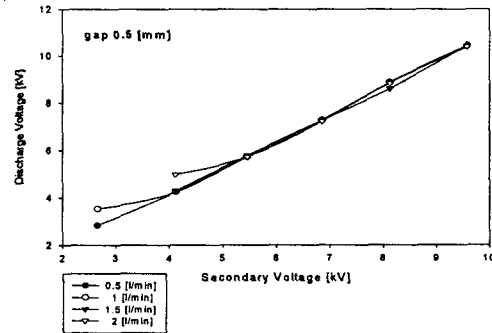
절한 후, 각각의 방전갭에 대한 방전특성 및 오존생성특성을 연구하였다.

2.3. 실험결과 및 고찰

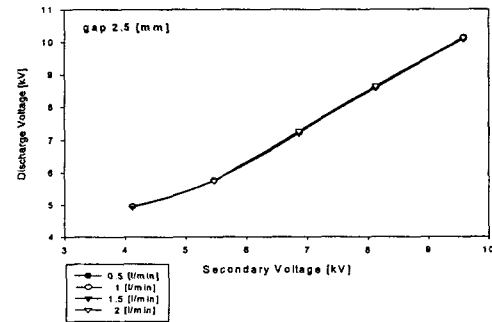
2.3.1 동축원통형 오존발생기의 방전특성

그림 2의 (a)~(b)는 동축원통형 오존발생기의 중심전극 및 외부전극에 교류고전압을 인가하여 방전갭에서 무성방전을 발생시킬 때, 각각의 방전갭에서 유량을 각각 0.5, 1, 1.5 및 2 [ℓ/min]로 변화시킬 경우, 전원장치 입력전압(NT)의 2차 전압 변화에 따른 방전전압(V_d)을 측정하였다.

그림에서 NT의 2차 전압이 높아질수록 방전 전압은 증가하였고, 유량의 변화에 따라 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 이것은 방전갭이 클 수록 방전 공간 내에서의 유속이 줄어들어 여기산소원자와 자유전자는 방전공간에 머무는 시간이 길게 되어 전자가 산소분자와의 접촉시간이 증대되어 절연내력이 증가하여 방전개시전압이 높게 나타났다.



(a) 0.5 [mm]



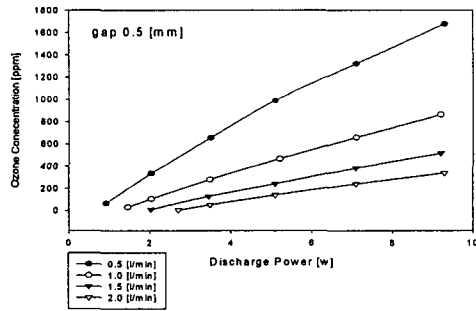
(b) 2.5 [mm]

그림 2. 방전갭에 따른 방전전압 특성

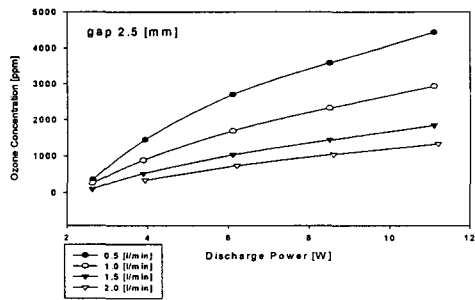
Fig. 2. The characteristics of discharge voltage with variation discharge gap

2.3.2 방전전력-오존생성농도 및 오존발생량 특성

그림 3의 (a) 및 (b)는 방전갭이 각각 0.5 및 2.5[mm]일 때, 유량을 매개변수로 한 경우 방전전력 (W_d)의 변화에 따른 O_{3con} 의 특성을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 것과 같이 각각의 유량에서 W_d 가 증가할수록 O_{3con} 가 상승하였다. 이것은 오존발생기에 가해지는 입력에너지가 상승함에 중심전극-외부전극에서 무성방전이 증대되어 산소분자의 해리를 촉진시킨 결과며, 동일한 유량에서 방전갭이 클수록 원료가스의 횡단 속도가 느리기 때문에 반응시간이 더 길어진다.



(a) 0.5[mm]



(b) 2.5[mm]

그림 3. 방전갭이 0.5 및 2.5[mm]일 때 오존농도 특성

Fig.3. The characteristics of ozone concentration at discharge gap 0.5 and 2.5[mm]

즉, 방전갭이 클수록 방전공간의 자유전자와 여기산소원자가 적기 때문에 중심전극에서 발생된 전자의 평균자유행정이 그 만큼 길어지게 된다.

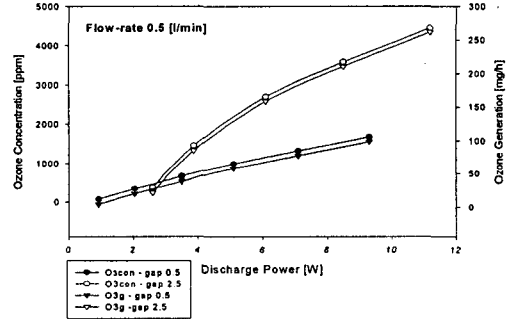
따라서 방전공간 내에서 발생하는 무성방전이 활성화되어 방전공간 내에서의 전리확률이 상승하

게 되어 오존농도가 상승하게 된다.

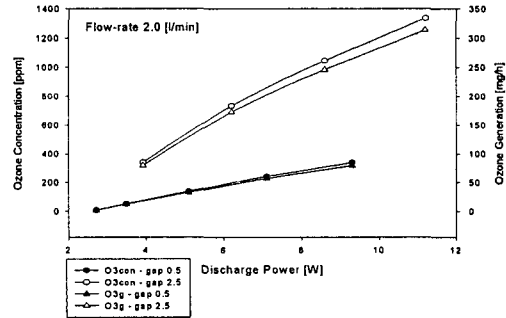
동일한 방전갭에서 방전전력이 일정한 경우, 유량이 감소할수록 오존농도는 증가하는 것으로 나타나고 있다. 이것은 두 전극사이의 무성방전에 의하여 유전체 표면에 축적된 전하와 산소분자와의 접촉시간이 증가함으로써 오존을 생성하는 확률을 증대시킨 결과이다.

또한, 동일한 방전갭에서는 유량이 감소함에 따라 입력가스의 유속이 저하되므로 원료가스가 방전공간 내에 체류하는 시간이 길어지면서 무성방전에 의해 생성된 전자와 산소분자와의 충돌횟수가 증대되므로 오존을 생성하는 확률이 증대되게 된다.

그림 4의 (a) 및 (b)는 유량이 각각 0.5 및 2[l/min]인 경우, 방전갭의 변화에 따른 방전전력-오존농도, 오존발생량 특성을 나타내었다.



(a) 유량 0.5[l/min]



(b) 유량 2[l/min]

그림 4. 유량이 0.5 및 2[l/min]일 때, 오존농도, 발생량 특성

Fig. 4. The characteristics of ozone concentration and generation at flow-rate 0.5 and 2[l/min]

그림과 같이 동일한 유량에 대해서 방전전력이 상승할수록 O_{3con} 및 O_{3g} 가 증가하는 것으로 나타났다. 또한 방전갭이 클수록 O_{3con} 및 O_{3g} 가 증가하는 것을 볼 수 있다.

동일한 유량에서 방전갭이 클수록 외부유전체 내부의 자유전자와 여기산소원자가 적기 때문에 중심전극에서 발생된 전자의 평균자유행정이 그만큼 길어짐에 따라 방전공간 내에서 발생하는 무성방전이 방전갭이 작을 때 보다 상대적으로 활성화되어 방전공간 내에서의 전리확률이 상승하게 되어 오존생성능도가 증가하게 된다.

이것은 방전갭이 클수록 원료가스의 횡단속도가 느리기 때문에 반응시간이 더 길어져 중심전극에서 발생된 전자가 방전공간에서의 평균자유행정이 그만큼 길어지게 된다. 따라서 방전공간내에서의 전리확률이 높아짐으로 오존농도가 상승하게 된다.

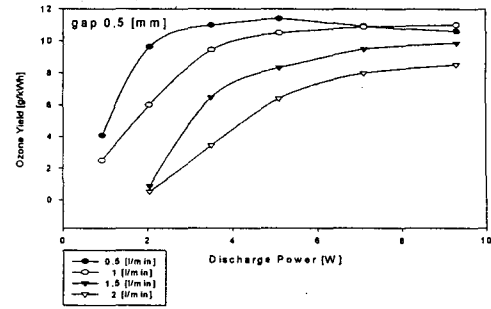
2.3.3 방전전력-오존생성수율 특성

그림 5의 (a)~(b)는 방전갭이 0.5 및 2.5[mm]일 때, 유량의 변화에 따른 방전전력 - 오존생성수율 특성을 나타내었다.

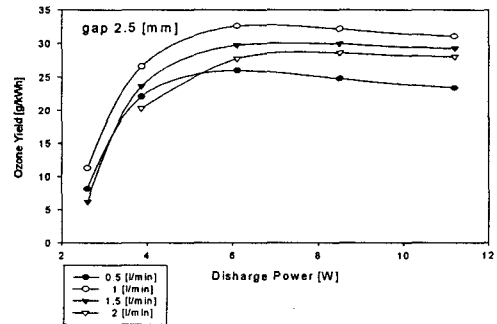
그림에서 동일한 유량에 대하여 유량이 낮을 때에는 방전전류가 증가함에 따라 오존생성수율이 상승하다가 최대값 이후 포화하는 것으로 나타났고, 유량이 높을 때에는 방전전류가 증가함에 따라 점차 상승률이 둔화되는 것으로 나타났다.

그림 (a)의 경우, 중심전극에서 방출된 전자의 평균자유행정이 짧아지게 되어 외부유전체의 방전갭이 클 때보다 상대적으로 약하게 전리된다. 이에 방전공간 내부의 무성방전이 방전갭이 큰 경우에 비하여 약하게 발생하므로 오존생성능도가 저하하게 된다. 이 때의 오존생성수율은 유량의존성이 증가하게 된다. 왜냐하면 유전체 내부의 전리가 활성화되지 않은 상태에서 방전공간 내부의 무성방전은 방전갭이 큰 경우에 비하여 약하게 형성된다. 여기에 높은 유량의 원료가스를 공급할 경우 유속이 비례적으로 빨라지게 되므로 산소원자와 미소방전주의 충돌확률이 감소하게 된다. 따라서 방전갭이 작을 때의 오존생성수율 특성은 방전갭이 클 때보다 더욱 유량의존성이 크게 나타난다.

그림 (b)에서 보는 바와 같이 O_{3g} 의 상승률이 크게 되어 O_{3Y} 가 상승하지만, 유량이 낮은 경우, 방전전류가 높아짐에 따라 방전공간의 전력밀도의 상승으로 인한 방전공간내의 온도상승률에 비하여 유량에 의한 소효능력이 유량이 높을 때에 비하여 현격히 저하되어 오존의 열분해 반응이 급격히 증가하므로 O_{3Y} 가 최대값 이후 포화하는 것이라고



(a) 방전갭 0.5 [mm]



(b) 방전갭 2.5 [mm]

그림 5. 방전갭에 따른 오존수율특성

Fig. 5. The characteristics of ozone yield with variation of discharge gap

3. 결론

본 논문에서는 무성방전을 이용하여 설계·제작된 동축원통형 오존발생기의 외부유전체 방전갭 변화에 따른 방전특성과 오존생성특성에 대하여 연구·검토하였다.

(1) 방전전압은 전원장치의 출력전압의 증가에 따라 함께 증가하였으며, 일정유량에 대해서는 큰 차이가 없는 것을 알 수 있었다.

(2) 오존생성능도는 각각의 유량에서 방전전력에 비례하였고, 방전갭이 클수록 오존생성능도는 증가하였다. 외부유전체의 방전갭이 일정한 경우에는 유량이 감소할수록 오존생성능도는 증가하였다.

(3) 오존발생량은 유량이 일정한 경우, 오존생성능도와 동일하게 일정한 방전전력에 대해서 방전갭이 클 때 가장 높았고, 외부유전체의 방전갭이 일정한 경우에는 유량이 감소할수록 오존발생량

은 증가하였다.

(4) 오존생성수율은 유량이 일정한 경우, 방전전력이 증가함에 따라 오존생성수율이 상승하다가 최대값 이후 낮아지거나 포화하는 것으로 나타났다.

이상과 같은 연구결과를 바탕으로 본 연구에서 사용된 동축원통형 오존발생기는 대기 및 수질 등의 살균, 정화, 탈취에서 의료분야, 수산업 및 식품공업 등에 이르기까지 다양한 분야에 응용 가능하리라 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] 杉光英後 “오존의基礎と應用”, 光琳, 1996年
- [2] 米内伸一, “新版오존利用의新技術”, 三琇書房, pp.3 ~ 50, pp.152 ~ 153, 平成5年
- [3] 石井啓夫, “오존利用의新技術”, 三琇書房, pp.152 ~ 153, 昭和61年
- [4] 出口富雄, “오존を中心とした高度淨水處理技術”, 三琇書房, pp.32 ~ 43, pp.87 ~ 99, 1990
- [5] H.J.Song, K.S.Lee, D.I.Lee, “A study on the high voltage nozzle type ozonizer”, Proceedings of the 11th International Conference on Gas Discharges and Their Applications, Vol. 2, pp.320 ~ 323, 1995
- [6] 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
- [7] 宋 炫直, “중첩방전형 오존발생기의 특성과 환경개선에 관한 연구”, 博士學位論文, 1997
- [8] 이상근, 전병준, 박용권, 이광식, 권혁한, 송현직, 박중형 “고주파 전압인가에 의한 무성방전형 오존발생기의 원료가스 온도 특성에 관한 연구”, 한국조명전기설비학회 논문지, Vol.15, No. 5, pp. 46~54, 2001
- [9] 전병준, 이상근, 송현직, 김영훈, 박원주, 이광식, “3상 전압인가형 중첩방전형 오존발생기의 오존생성 상승효과”, 대한전기학회 논문지, Vol. 49C, No. 8, pp. 468~476, 2000
- [10] 전병준, 이상근, 송현직, 박원주, 이광식, “Mesh형 내부전극을 사용한 2중 원통형오존발생기의 온도의존특성”, 영남대학교 공업기술연구소논문집, Vol. 27, No. 1, pp. 51~56, 1999