

Showering Discharge형 오존발생장치의 특성

*김규영 **문경수* **송현직 **이광식 **이동인 ***전영주
*포항1대학 **영남대학교 전기전자공학부 ***영진전문대학

The Characteristics of Showering Discharge Type Ozonizer

*Keum-yeung Kim **Kyung-su Mun* **Hyun-jig Song **Kwang-sik Lee **Dong-in Lee ***Young-ju Jeon
*Electricity of Pohang 1 College, **School of Electrical and Electronic Engineering of Yeungnam University, ***Electricity of Youngjin Junior College

Abstract - In this paper, showering discharge type ozonizer has been designed and manufactured. The ozonizer is equipped with three electrodes(central electrode of screw shape, internal electrode and external electrode) of cylinder shape. This paper describes the following two characteristics: ① The characteristics of discharge with variation of output voltage of AC H.V source, flux of oxygen supplied gas and discharge voltage. ② The characteristics of ozone generation by varying flux and discharge power.

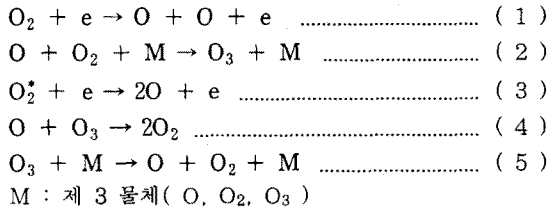
1. 서 론

최근, 급속한 산업발달과 인구의 팽창 및 도시 집중화 현상에 따른 대기 및 수질오염 등이 리우환경회의의 이후, 심각한 국제환경과목문제로 부각되고 있다. 특히, 국내 외적으로 생활 폐수, 섬유·펄프·피혁공장에서 유출되는 각종 폐수에 의하여 지표수 및 지하수 등의 수질의 오염과 자동차의 배기가스(NO_x), 화력발전소, 난방등의 대기오염 등이 심화되면서 국민의 보건·건강에 심각한 우려를 야기시키고 있다. 이에 오염물질의 제거나 발생 저감을 위한 대책의 하나로 유럽 및 일본 등의 선진국을 중심으로 전기적 기체방전을 이용한 오존발생시스템(ozonizer system)로 강력한 산화력을 지닌 오존(O₃)을 발생시켜 각종 환경오염을 제거하는 시스템의 개발에 박차를 가하고 있다. 특히, 오존은 수중의 무기물 및 유기물에 대한 산화력이 강하여 오·폐수 및 상·하수 처리시 철·망간 등의 금속성분을 산화시켜 응집·침전 효과를 증대할 수 있으며, 합성세제와 트리할로메탄(THM), 탁도, 악취의 감소 및 제거가 가능하다. 따라서 본연구에서 설계, 제작된 showering discharge형 오존발생기(SDO)는 나선형의 중심전극(CE)과 나선형의 내부전극(IE) 및 원통형 외부전극(EE)의 3개의 전극을 장착하여, 공동접지전극에 따라 CISDO형(EE 공동접지), IESDO형(CE 공동접지), CESDO형(IE 공동접지)의 세 가지 형태의 SDO로 구성되어있다. 또한, 공동접지 전극을 제외한 나머지 두개의 전극에 180(°)의 위상차를 가진 역극성의 교류고전압을 각각 인가하여 각 SDO의 내부에 2개의 gap이 존재하는 방전공간이 형성되게 하였다. 결국, 이들 방전공간 내에서 Showering 형태의 무성방전이 중첩 발생될 때 SDO의 종류에 따른 방전특성 및 오존생성특성(오존생성농도, 오존발생량 및 오존생성수율)을 연구, 검토하였다.

2. 관련 이론

종래의 무성방전형 오존발생기의 경우 1주기 내에 방전기간과 비방전기간(방전휴지기간)이 각각 2회씩 존재하기 때문에 방전휴지기간에서의 오존분해반응이 전체

적인 오존생성농도의 저하에 큰 영향을 미쳤다. 따라서 본 논문에서는 무성방전형 오존발생기보다 방전휴지기간을 단축시킴으로써 오존생성특성의 향상을 기하고자 동일한 방전공간 내에서 무성방전을 중첩시킨 Showering Discharge형 오존발생기를 고안·제작하였다. 무성방전의 중첩을 이용한 오존발생기는 접지전극을 제외한 두 전극에 180(°)의 위상차를 가진 正負의 교류고전압을 동시에 인가할 경우, 접지전극과 두전극 사이에서 발생한 무성방전이 중첩되어, 正負의 전류가 한 주기 내에 중첩되어 흐르게 되므로 방전의 효율을 높임과 동시에, 방전구간 내에 잔류전리가스와 잔류전하가 존재하므로써 방전휴지구간을 단축시키는 효과를 얻을 수 있다.⁽¹⁾ 이때 원료가스가 산소인 경우, 오존발생기의 주된 오존생성 및 분해반응은 다음과 같다.⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾



3. 실험장치 및 방법

3.1 실험장치

본 연구에서 설계·제작된 SDO는 무성방전을 중첩함과 동시에 중심전극을 나선모양으로 하여 Showering 형태의 방전을 활성화함으로써 오존생성특성을 향상시킬 수 있는 구조이다.

그림 1은 본 연구에서 설계·제작된 SDO의 개략도를 보여주고 있다. SUS 304 재질의 나선형CE와 스테인레스를 5[mm]의 간격으로 pyrex 재질의 내부 유전체 표면에 나선형으로 감아서 제작된 IE 그리고 pyrex 재질의 외부 유전체 표면에 동박을 감은 EE의 2중 원통형 구조로 제작하였다.

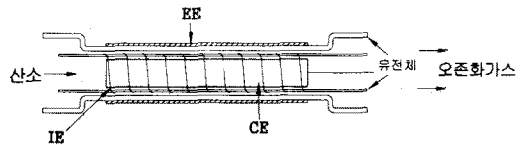


그림 1. SDO의 개략도

그림 2는 Showering Discharge형 오존발생장치의 방전특성 및 오존생성특성을 연구하기 위한 실험장치의 배치도를 나타낸 것이다. 그림에서 실선은 방전특성을 조사하기 위한 전원장치와 계측장치들을 연결한 회로이며, 점선은 오존생성특성을 연구하기 위한 가스 흐름선

도료써 원료가스 공급장치 및 계측장치들을 통과하는 오존화가스의 흐름을 나타낸 것이다.

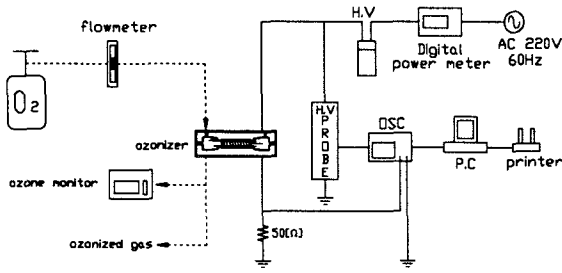


그림 2. 오존발생장치의 배치도

3.2 실험방법

Showering discharge형 오존발생기의 방전특성을 연구 검토하기 위해 원료가스의 유량 ($Q=2, 4, 6, 8, 10$ [l/min]), 전원장치의 출력전압 (V_2)의 변화에 따른 방전전압 (V_d), 방전전류 (I_d)를 측정하였고, digital power meter를 이용하여 SDO의 방전전력 (W_d)을 측정하였다. 또한 Q 및 W_d 의 변화에 따른 오존생성농도 (O_{3con})를 자외선 흡수방식의 기상용 오존monitor(Okitrronics 社, Japan)로 측정 한 후, 오존발생량 (O_{3g}) 및 오존생성수율 (O_{3Y})을 계산하였다.

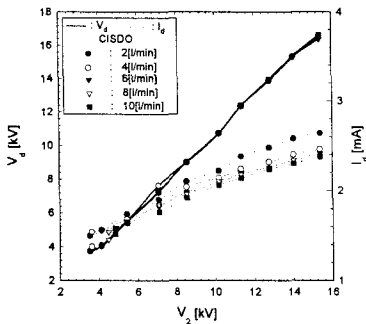
4. 실험결과 및 검토

4.1 오존발생기의 방전특성

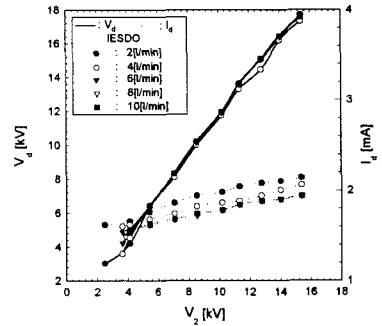
그림 3은 CISDO, IESDO, CESDO형에서 Q 가 2, 4, 6, 8, 10 [l/min]인 경우의 V_2 변화에 따른 방전전압 (V_d) 및 방전전류 (I_d)를 측정 한 것이다.

그림에서 V_2 가 높아질수록 방전공간 내부로 유입되는 에너지가 증가함에 따라 V_d 및 I_d 는 증가하였고, 동일한 V_2 에서 Q 가 증가할수록 V_d 는 상승하고, I_d 는 감소하였다. 이것은 Q 가 증가할수록 산소분자가 방전공간 내에서 체류하는 시간이 짧아져서 중첩무성방전에 의해 생성된 전자와 산소분자와의 충돌에 의한 전리확률은 낮아지게 되어 V_d 는 상승하고, I_d 가 감소하였다.

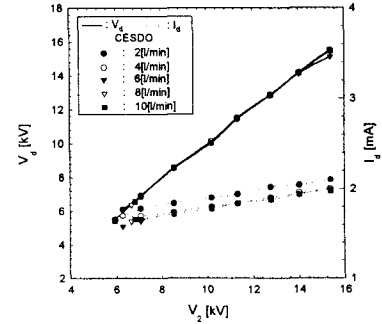
그림 4는 Q 가 2 [l/min]인 경우, CISDO의 V_d 및 I_d 의 파형을 측정 한 것이다. 그림에서 CH1의 V_d 가 CH2의 V_d 보다 높은 것은 CE-EE의 gap이 CE-IE의 gap 보다 큼에 따라서 상대적으로 절연내력이 상승한 결과이며, I_d 의 파형은 방전을 중첩시킴으로 인해 正負의 전류가 正負의 최대치에 도달할 때까지 펄스형태로 중첩되어 나타남을 알 수 있었다.



(a) CISDO형



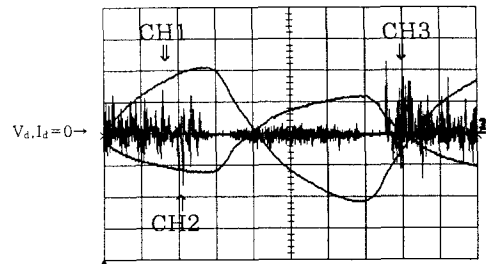
(b) IESDO



(c) CESDO형

그림 3. SDO의 형태에 따른 $V_2 - V_d, I_d$ 특성

또한, 正負의 최대치 이후 절연물 표면에 축적되어 있는 전하에 의해 순간적으로 역 전계가 걸리므로 방전이 일시에 정지되어 pulse 형태의 전류파형이 나타나고, 방전휴지구간이 형성된다. 하지만 인가전압이 180° 의 위상차를 가지고 있기 때문에 방전이 중첩되어 단독 무성방전형인 경우보다 방전휴지구간이 짧아짐을 알 수 있었다.



CH1:10(kV/div), CH2:4(kV/div), CH3:40(mA/div)
CH1, CH2, CH3 : 2(ms/div)

그림 4. CISDO, Q 가 2 [l/min]일때의 V_d (16.57(kV)) 및 I_d (3.12(mA)) 파형

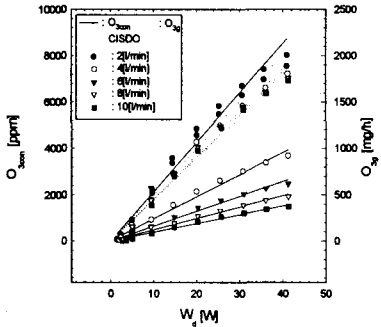
4.2 오존발생기의 오존생성특성

4.2.1 방전전력-오존생성농도 및 오존발생량 특성

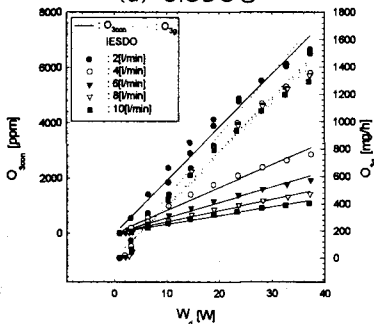
그림 5는 각 SDO의 경우, Q 를 매개변수로 한 $W_d - O_{3con}, O_{3g}$ 특성을 나타내었다. 각 유량에서 W_d 가 상승할수록 입력에너지가 증가함에 따라 O_{3con} 및 O_{3g} 가 증가하였고, 동일한 W_d 에서 Q 가 감소할수록 O_{3con}, O_{3g} 는 상승하였다. 이것은 Q 가 감소할수록 방전공간 내에

채류하는 시간이 길어져서, 방전에 의해 발생된 전자와 산소분자와의 충돌회수가 증가되어 오존생성반응이 촉진된 결과 O_{3con} , O_{3g} 가 상승하였다.

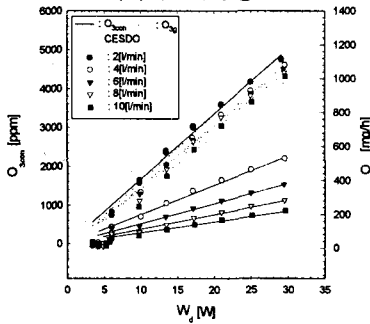
그림 6은 Q가 2[ℓ/min]인 경우, 각 SDO의 $W_d - O_{3con}$, O_{3g} 특성을 나타내었다. 동일한 W_d 에 대해서 CISDO에서 가장 높은 O_{3con} 과 O_{3g} 를 얻을 수 있었다. W_d 가 일정할 때, 그림 3과 같이 CISDO의 경우가 방전 공간에서 무성방전의 중첩이 가장 활발하게 진행된 결과, 식(1),(2),(3)의 반응 또한 활성화되어 O_{3con} 및 O_{3g} 가 가장 높게 나타나는 것이다.



(a) CISDO형



(b) IESDO형



(c) CESDO형

그림 5. Q를 매개변수로 한 $W_d - O_{3con}$, O_{3g} 특성

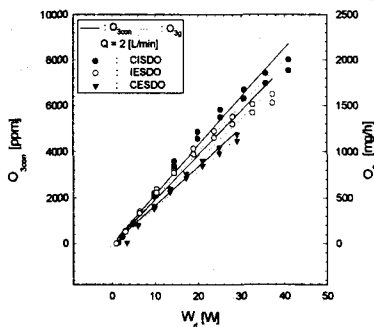


그림 6. SDO를 매개변수로 한 $W_d - O_{3con}$, O_{3g} 특성

4.2.2 방전전력-오존생성수율 특성

그림 7은 Q가 2[ℓ/min]인 경우, SDO를 매개변수로 한 $W_d - O_{3Y}$ 의 특성을 나타내었다. 각 SDO에서 O_{3Y} 는 방전전력이 증가함에 따라서 상승하다가 저하되는 것으로 나타났다. 그리고, 동일한 W_d 에 대해서 CISDO의 경우가 가장 높은 O_{3Y} 를 얻을 수 있었다.

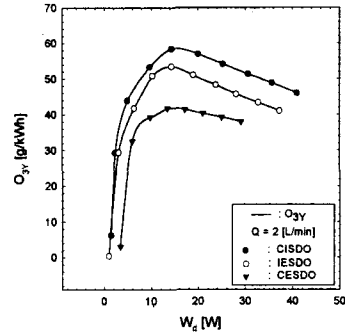


그림 7. SDO를 매개변수로 한 $W_d - O_{3Y}$ 특성

5. 결 론

본 연구에서 설계·제작된 Showering Discharge형 오존발생기에 대한 방전특성과 오존생성특성을 연구·검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 방전전압 (V_d) 및 방전전류 (I_d)는 전원장치의 출력전압 (V_2)의 증가에 따라 함께 증가하였으며, 유량이 증가할수록 방전전압은 상승하고, 방전전류는 미소하게 감소하였다.

(2) Showering discharge형 오존발생기(SDO)중 EE를 공통접지하고, CE와 IE에 180[°]의 위상차를 가진 正負의 교류고전압을 인가한 CISDO가 가장 좋은 오존생성특성을 얻을 수 있었다.

(3) 오존생성농도 (O_{3con})와 오존발생량 (O_{3g})은 방전전력이 증가할수록 상승하였다. 또한 동일한 방전전력에 대해서는 유량이 감소할수록 오존생성농도와 오존발생량은 상승하였다. 그 결과 CISDO형에서 유량이 2[ℓ/min]일 때 최대 오존생성농도는 8012(ppm)을 최대 발생량은 1884(mg/h)를 얻을 수 있었다.

(4) 오존생성수율 (O_{3Y})은 방전전력이 증가함에 따라서 증가하다가 포화되는 것으로 나타났다. 그 결과 최대 오존생성수율은 CISDO형에서 유량이 8[ℓ/min]일 때 61.15(g/kWh)를 얻을 수 있었다.

(참 고 문 헌)

- (1) 宋 炫直, "중첩방전형 오존발생기의 특성과 환경개선에 관한 연구", 博士學位論文, 1997
- (2) 全 炳俊, 李 相根, 宋 炫直, 李 廣植, 李 東仁 "2중 원통형 오존발생기의 온도 의존특성", 大韓電氣學會 秋季學術大會論文集, pp. 953~955, 1998
- (3) R. Peyrous, "The Effect Of Relative Humidity On Ozone Production By Corona Discharge In Oxygen Or Air", Ozone Science and Engineering, Vol.12, pp.19 ~ 40, 1990
- (4) 男成安夫, "오존 분해技術", 三秀書房, pp.11~41, 1990
- (5) Moo Been Chang, "Experimental Study on Ozone Synthesis via Dielectric Barrier Discharges", Ozone Science and Engineering, Vol.19, pp.241 ~ 254, 1997