

펄스 전원을 활용한 방전관형 오존발생기의 특성 연구

(The characteristics study of discharge lamp type ozonizer using pulse power source)

송현직* · 김민회 · 박찬규 · 조규판 · 윤대희 · 지승욱
(Hyun-Jig Song · Min-Huei Kim · Chan-Gyu Park · Kyu-Pan Cho ·
Dae-Hee Yoon · Seung-Wook Jee)

Abstract

This paper describes the discharge and ozone generation characteristics with variation of the applied voltage, the number of ozonizer, the quantity of flowing material gas. The important conclusions are as follows. The discharge voltage and current values are proportional to the applied voltage. The ozone concentration and generation are proportional to the applied voltage and the number of ozonizer. As the maximum value of ozone concentration and generation of silent discharge type ozonizer using discharge lamp can be obtained 890[ppm] and 59.7[mg/h] respectively.

1. 서론

산업사회의 발달로 대기 및 수질환경오염 등이 리우환경회의 이후, 심각한 국제환경과피문제로 부각되고 있어 환경보호 및 정화에 대한 관심이 고조되고 있다.

이러한 측면에서 오존(O₃)이 미래의 환경문제의 해결에 도움이 되는 기체 혹은 액체로써 크게 주목을 받고 있다.

자연계에서 불소 다음으로 강한 살균력을 가진 오존은 오염된 대기 및 수질정화를 목적으로 박테리아 및 바이러스 등의 불활성화, 탈색, 탈취, 유독물질 분해, 공기정화, 식품저장, 살균 및 정수 등에 이르기까지 광범위하게 이용되고 있다.[1]

오존을 발생시키는 방법으로 무성방전법, 방사선 조사법, 광화학반응법, 고주파전계법, 전해법 및 자외선조사법 등이 알려져 있지만, 공업적 규모면에서 실용화 되고 있는 것은 1857년 독일의 W.Von Siemens 에 의해 개발된 無聲放電型(Silent discharge type)의 오존발생기(ozonizer)가 많이 이용되고 있다.[2]

그러나 유리나 세라믹 등을 유전체로 한 좁은 gap 에 교류 고전압을 인가하여 오존을 발생시키는 무성방전형의 오존발생기는 그 크기에 따라서 약간씩의 차이는 있지만, 오존발생기에서 소비되는 전력의 60 ~ 70[%] 정도가 오존발생기의 오존을 발생시키는 방전영역에서 열손실 등에 의하여 소비됨으로써 에너지 효율면에서 입력에너지에 대하여 오존생성에 사용되는 에너지는 불과 數[%]에

지나지 않는 것으로 알려지고 있다.

이러한 관점에서 무성방전형 오존발생기의 특성을 향상시키기 위하여 선진국을 중심으로 다양한 형태의 무성방전형 오존발생기가 고안되고 있으나, 究明되어야할 과제가 많이 남아있는 실정이다.[3]

따라서 본 연구에서는 납유리를 사용한 방전관의 내부에 장착된 원추형 산화철 전극과 방전관 외부에 장착된 구리에 규석 도금한 Mesh 형 전극 사이에 무성방전을 발생시키는 오존발생기를 설계·제작하여 원료가스가 모의공기(질소78±2[%]+ 산소 22±2[%])인 경우, 펄스형 전원장치(Ignition transformer, 이하 IT)의 출력전압(V₂) 변화에 따른 방전특성(방전전압(V₂) 및 방전전류(I₂))과 V₂ , 오존발생기의 점등 갯수(N), 및 모의공기의 유량(Q) 변화에 따른 오존생성특성(오존생성농도(O_{3con}), 오존발생량(O_{3g}))을 연구 검토하였다.

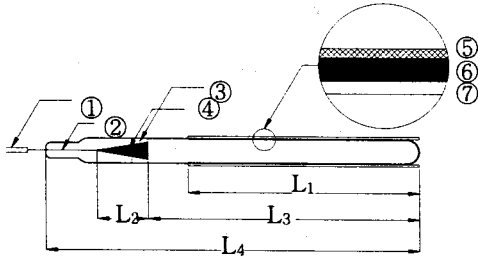
2. 본론

2.1. 실험장치 및 방법

방전관을 사용한 무성방전형 오존발생기는 납유리의 방전관 내부에 장착된 산화철 텅스텐 전극과 방전관 외부에 장착된 구리에 규석도금한 Mesh 형 전극사이의 무성방전에 의하여 오존이 생성되는 구조이다.

이때, 방전관 내부의 전극(원추형 산화철 전극)은 그림 1과 같이 먼저 납유리관내를 불순물 제거를 위한 세척·건조 후, 납유리관내에 길이 100

[mm]로 할로린산칼슘을 도포하고 최대직경이 7[mm] 이고 길이가 50[mm]인 원추형 산화철 전극에 도입선과 듀멧선을 용접하여 내부전극을 만든 다음 가열 및 압착으로 전극부를 납유리관 내부에 부착하여 방전관을 구성하였다.



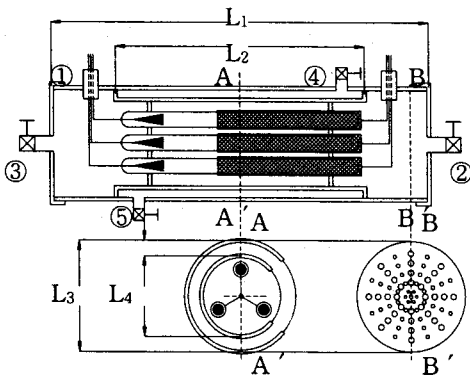
① 듀멧선 ② 도입선 ③ 운모 ④ 내부전극 ⑤ 외부전극 ⑥ 납유리 ⑦ 도포피막

$L_1 = 200[\text{mm}]$, $L_2 = 50[\text{mm}]$, $L_3 = 270[\text{mm}]$, $L_4 = 350[\text{mm}]$

그림 1. 방전관을 이용한 무성방전형 오존발생기의 개략도

Fig. 1. The schematic diagram of silent discharge using discharge lamp

그림 2는 제작된 오존발생기 3개를 장착하여 오존을 생성시키고 방전현상을 관측할 수 있도록 2중창을 설치한 오존발생기 chamber의 단면도 및 측면도를 나타낸 것이다.



① 전극부 ② 원료가스 주입구 ③ 원료가스 및 오존화 가스 배출구 ④ 냉각공기 주입구 ⑤ 냉각공기 배출구 $L_1 = 500[\text{mm}]$

$L_2 = 350[\text{mm}]$ $L_3 = 210[\text{mm}]$ $L_4 = 150[\text{mm}]$

그림 2. 오존발생기의 단면도 및 측면도

Fig. 2. The cross-sectional diagram and side view of ozonizer

또한 오존의 생성수율을 높이기 위해서는 펄스 형태의 전압을 인가하여 방전지속시간을 짧게하면

서 방전횟수를 증가시키는 것이 좋은 방법이라고 알려져 있다.[3]

이러한 관점에서 오존발생기에 인가되는 전압은 전원장치(Ignition transformer, 이하 IT, 입력전압 : AC 220[V], 입력전력 : AC 200[VA])에서 발생하는 펄스형 전압을 사용하였으며, 이때 IT는 2개의 출력단자가 동일한 크기의 교류고전압을 180[°]의 위상차를 두고 형성되므로서 출력시에는 동일한 위상에서 정부의 피크전압이 형성되어 오존발생기의 원추형 내부전극과 Mesh 형 외부전극 사이에는 정부 피크전압의 2배에 해당하는 출력전압을 인가하게 되어 오존생성의 제특성을 향상시킬 수 있도록 제작하였다.

방전관을 이용한 무성방전형 오존발생기를 제작하여 원료가스가 모의공기인 경우, 전원장치(IT)의 출력전압(V_2) 변화에 따른 방전전압(V_d) 및 방전전류(I_d) 및 그때의 파형을 측정하였다.

또한, 원료가스가 모의공기인 경우 V_2 , 유량(Q) 및 오존발생기의 점등갯수(N)의 변화에 따른 오존생성농도(O_{3con}) 및 오존발생량(O_{3g}) 특성을 연구 검토하였다.

2.2. 실험결과 및 고찰

2.2.1 방전특성

그림 3은 원료가스가 모의공기인 경우, IT의 V_2 변화에 따른 V_d 및 I_d 를 측정된 것이다.

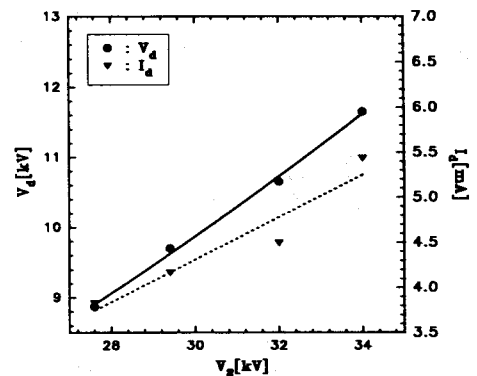
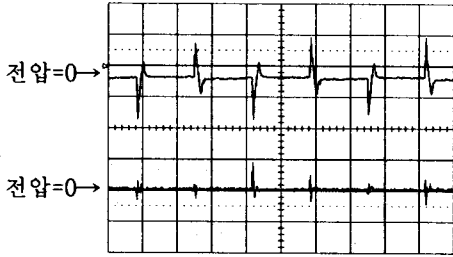


그림 3. V_2 변화에 따른 V_d 및 I_d 특성

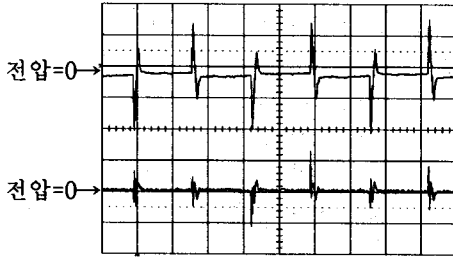
Fig. 3. The characteristics of V_d and I_d with variation of V_2

그림 4의 (a) 및 (b)는 그림 3에서 오존발생기에 인가되는 전압중 각각 $V_d = 8.8[\text{kV}]$, $I_d = 3.8[\text{mA}]$ 및 $V_d = 11.7[\text{kV}]$, $I_d = 5.4[\text{mA}]$ 일 때의 내부전극과 외부전극의 전압파형을 각각 측정된 것이다.



2[kV/div], 5[ms/div]

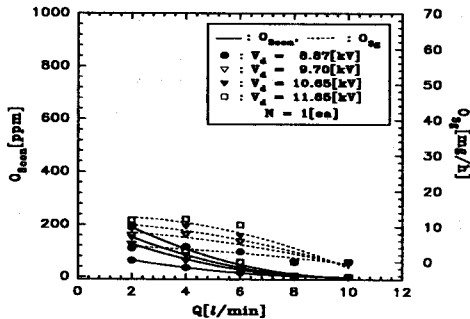
(a) $V_d = 8.8[\text{kV}]$, $I_d = 3.8[\text{mA}]$



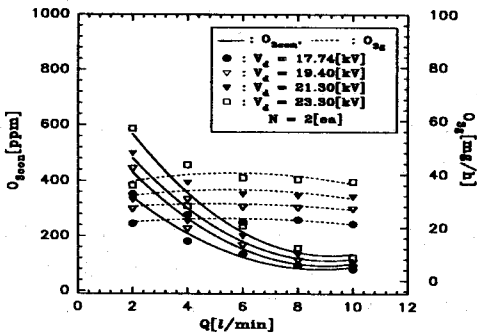
(b) $V_d = 11.7[\text{kV}]$, $I_d = 5.4[\text{mA}]$

그림 4. V_2 변화에 따른 V_d 파형
Fig. 4. The waveforms of V_d
with variation of V_2

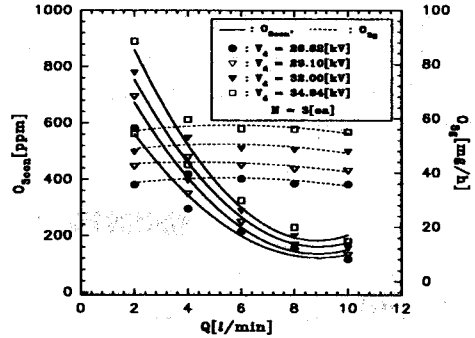
2.2.2 오존생성특성



(a) $N = 1$



(b) $N = 2$



(c) $N = 3$

그림 5 V_d 를 매개변수로 한 Q - O_{3con} , O_{3g} 특성
Fig. 5 The characteristics of Q - O_{3con}
and O_{3g} with variatiuon of V_d

그림 5의 (a), (b) 및 (c)는 원료가스가 모의공기인 경우 N 이 1, 2 및 3개일 때, 모의공기의 유량(Q) 및 방전전압(V_d)의 변화에 따른 O_{3con} 및 O_{3g} 특성을 각각 나타낸 것이다.

3. 결론

- (1) 방전관형 오존발생기에 펄스 전원을 활용함으로써 오존생성에 효과적인 펄스 형태의 방전 전압 및 방전전류특성을 얻을 수 있었다.
- (2) 오존생성농도는 모의공기 원료가스의 유량이 감소함에 따라서 상승하였고, 방전전압 및 오존발생기의 개수가 증가할수록 상승하였다.
- (3) 방전전압 및 오존발생기의 개수가 증가할수록 오존발생량은 상승하였으며, 모의공기 원료가스의 유량이 증가함에 따라서 최대 오존발생량이 나타난 후 다시 저하하는 것으로 나타났다.
- (4) 890[ppm] 및 59.7[mg/h]의 최대 오존생성 농도 및 오존발생량을 각각 얻을 수 있었다.

참고문헌

- [1] 송현직외 2인, "환경개선용 기체전기방전을 이용한 오존 발생기술", 한국조명·전기설비학회 논문지, Vol.15, No.3, 2001
- [2] Hyun-Jig Song et al, "Improvement of Ozone Yield by a Multi-Discharge Type Ozonizer Using Superposition of Silent Discharge Plasma" JKPS, Vol.44, No.5, 2004
- [3] 송현직, "무성-연면 복합방전형 오존발생기의 오존생성 및 NO 가스 제거 특성", 한국조명·전기설비학회 논문지, Vol.19, No.7 2005