2001년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2001.7.18-20

형광 방전등형 오존발생기의 특성

이상근◆, 박중협*◆, 박용권◆, 전병준◆, 박원주◆, 이광식◆, 이동인◆, 송현직▲
◆ 영남대학교, ▲ 구미1대학

The Characteristics of a fluorescent discharge lamp Type Ozonizer

S.K. Lee◆, J.H. Park◆, Y.K. Park◆, B.J. Chun◆, W.Z. Park◆, K.S. Lee◆, D.I. Lee◆, H.J. Song▲
◆Yeungnam Univ. ▲Kumi College

Abstract - Recently, ozone is utilized in various fields and its needs are expanding. In this paper, fluorescent discharge type ozonizer has been designed and manufactured. Ozone discharge and generation characteristics have been investigated in accordance with a sort of internal electrodes, output voltage of power supply, flow rate and discharge power. Air has been used as the supplied gas of the ozonizer.

1. 서 론

오존(O3)은 3개의 산소원자중 제3의 원자는 결합이 약해 불안정하여 쉽게 분리되고 발생기 산소로 되려는 성질이 강할 뿐만 아니라, 이 발생기 산소의 산화력이 염소보다 5.6배, 살균력은 25배 강해 물 속의 박테리아나 바이러스, 곰팡이균, 악취를 내는 각종 유해가스 및 인체에 해로운 유기물질(솔밴트류, 농약, 중금속 성분 등)등과 쉽게 화학 반응을 일으켜 산화시킨다. 이러한 성질을 이용하여 최근 심각해진 대기 및 수질의 오염물 제거나 살균소독을 비롯하여 수영장의 수처리, 분뇨 및 오수의 처리, 양어 및 양식장의 살균·탈취제로 사용되고 있다.

또한, 오존은 서서히 분해하여 산소로 완전 환원하므로 2차오염을 유발하지 않는 장점을 가지고 있다. (오존반감기 : 공기중에서 10 ~ 15시간, 물 속에서 20 ~ 30분)

따라서 본 연구에서는 오존의 대기 환경적 측면 뿐만 아니라 폐형광등을 재활용하여 극장이나 공공장소에서의 조명으로 사용할 뿐만 아니라 악취도 동시에 제거할 수 있는 형광 방전등형 오존발생기를 설계·제작하여 암모니아와 메탄(CH4) 악취제거를 위한 기초실험으로서 오존생성특성과 방전특성을 측정하였다.

2. 관련 이론

2-1 오존생성반응

$$N_2 + e \rightarrow N_2^* \quad (1)$$

$$N_2^* + O_2 \rightarrow N_2 + 2O \quad (2)$$

$$O_2 + e^- \rightarrow O + O + e^- \quad (3)$$

$$O_2 + e^- \rightarrow O_2^* + e^- \quad (4)$$

$$O + O_2 + M \rightarrow O_3 + M \quad (5)$$

$$O_2^* + O_2 \rightarrow O + O_3 \quad (6)$$

M : 제 3 물체 (O, O_2 및 N_2)

2-2 악취제거반응

암모니아제거 반응식

$$NH_3 + O_3 \rightarrow NO_2 + H_2O + H^+ \quad (7)$$

$$NO_2 + O_3 \rightarrow NO_3 + O_2 \quad (8)$$

메탄제거 반응식

$$3CH_4 + 4O_3 \rightarrow 3CO_2 + 6H_2O \quad (9)$$

3. 실험 방법

그림 1은 조명용 형광방전등형 오존발생기의 단면도를 나타낸 것으로 형광등(10[W])외부와 유전체 Pyrex(Pyrex관, ϕ=36[mm], t=2.0[mm]) 외부에 전극Mesh(SUS 304, t=1[mm])를 밀착시킨 후, 형광등을 유전체 내부에 삽입하여 형광등외부 mesh를 중심전극으로, 유전체 외부의 mesh를 외부전극으로 사용하여 두 전극사이에 상용 neon transformer(입력전압 :220V, 입력전력 : AC 150[VA])에서 발생되는 교류전원을 사용하여 전원을 인가하였으며, 이때 양 출력단자에서는 동일 크기의 교류전압이 180[°]의 위상차를 형성하게 된다.

또한, 내부형광등에는 정격전압(AC 220V)을 인가하여 조명용을 위한 광원으로 사용하였다.

원료가스로서 대기공기를 이용하였으며, 유량의 변화에 따른 방전특성 (전압, 전류, 전력)과 오존생성특성 (오존농도, 생성량 및 오존수율)을 측정하였다. 유량의 변화에 따른 방전전압과 방전전류는 고전압 분압기 (분압비 = 2000:1), 분류기(분류비=10:1) 및 Oscilloscope (Tektronix TDS 3014)로 측정하였다. 방전전력은 Digital power meter(0-500[V], 0-20[A], 0-9999[W], accurary:±0.2[%])를 이용하여 전력을 측정하였다.

그림 2는 폐형광등을 이용한 형광방전형 오존발생기의 단면도를 나타낸 것으로 유전체 Pyrex(Pyrex관, ϕ=36[mm], t=2.0[mm]) 외부에 전극Mesh(SUS 304, t=1[mm])를 밀착시킨 후, 형광등을 유전체 내부에 삽입하여 형광등을 중심전극으로, 유전체 외부의 mesh를 외부전극으로 사용하여 두 전극사이에 상용 neon transformer(입력전압 :220V, 입력전력 : AC 150[VA])에서 발생되는 교류전원을 사용하여 전원을 인가하여 이때 발생되는 오존의 발생특성을 살펴보았다.

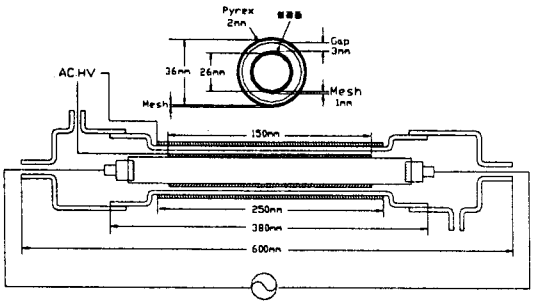


그림1. 조명용 형광방전등형 오존발생기의 단면도

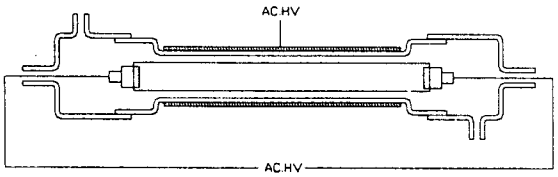


그림2. 폐형광등형 오존발생기의 단면도

그림 3은 오존발생장치의 배치도를 나타낸 것으로 그림에서 실선은 방전특성을 조사하기 위한 전원장치와 계측장치들을 연결한 회로이며, 점선은 오존생성특성을 연구하기 위한 가스흐름도이다.

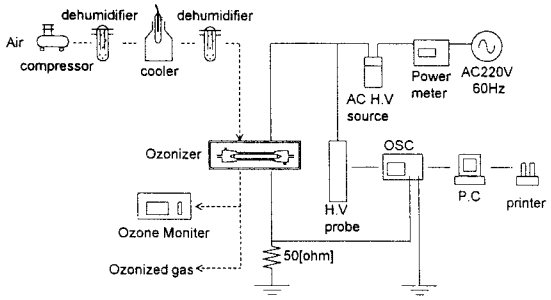


그림 3. 오존발생장치의 배치도

4. 실험결과 및 고찰

4.1 오존생성특성

그림 4, 그림 5 및 그림 6은 원료가스로 대기공기를 사용한 경우, 갭길이 3[mm]에서 유량의 변화(2, 4, 6, 8, 10[ℓ/min])에 따른 방전특성과 오존생성특성을 측정한 결과이다.

그림 1의 조명용 형광방전등형 오존발생기를 사용한 경우 그림 4와 같이 전력이 증가함에 따라서 오존 농도는 증가하는 경향을 보이는데 반해, 유량이 증가함에 따라서 오존농도는 감소하는 경향을 보이고 있고, 2[ℓ/min]에서는 오존농도가 증가하다가 방전전력 30[W]를 지나 다시 감소하는 경향을 보이고 있다. 이는 전력이 증가함에 따라서 오존발생기에 가해지는 입력에너지의 증가에 인해 두 전극사이에서의 무성방전이 증가되어 산소분자의 전리를 촉진시킨 결과이다. 그러나 30[W] 지점에서는 공기의 절연내력 저하에 인한 열손실로 오존생성반응보다 오존분해반응이 촉진된 결과 오존농도의 감소현상이 나타났다.

그 결과, 형광방전등을 내부전극으로 사용한 오존발생기에서 유량 (2, 4, 6, 8, 10[ℓ/min])과 갭길이 (Gap=2.5[mm])에 따른 최대 오존생성농도는 유량 2[ℓ/min]에서 오존농도 및 수율이 각각 2824[ppm], 21.7[g/kWh]를 얻을 수 있었으며, 조도측정 결과 5[lx]를 나타내어 공공장소 등의 비상용 조명으로 충분히 사용가능함을 알 수 있었다.

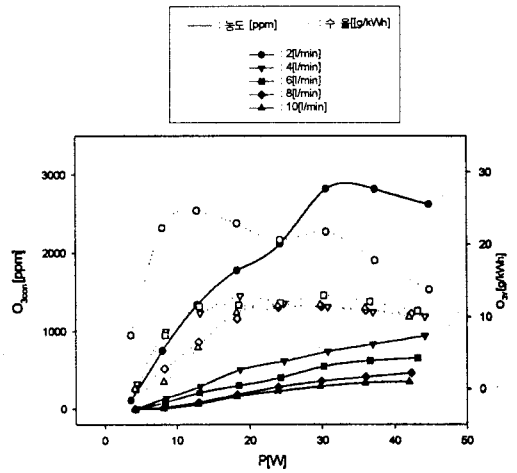


그림4. 조명용 형광방전등형 오존발생기의 전력 및 유량에 따른 오존농도와 수율특성

그림 5는 폐형광등을 이용한 형광방전등형 오존발생기를 사용한 경우의 오존생성특성을 나타낸 그래프로 그림 4와 동일한 경향의 특성을 나타내고 있으며, 조명용으로 이용할 수 있는 구조인 그림 1에 비해 오존농도와 오존수율은 증가하고 있다. 이는 그림 2의 구조에서는 형광등에서 방출되는 열과 빛에 의해 오존분해가 증가한 것으로서 폐형광등의 적용이 충분히 가능하리라는 것을 보여주고 있다.

그 결과, 폐형광등을 내부전극으로 사용한 오존발생기에서 유량 (2, 4, 6, 8, 10[ℓ/min])과 갭길이 (Gap=2.5[mm])에 따른 최대 오존생성농도는 유량 2[ℓ], 입력 35.2[W]에서 최대 오존생성농도와 수율이 각각 3495[ppm], 23.4g/kWh]를 얻을 수 있었으며 조도는 측정결과 5[lx]를 나타내어 공공장소의 비상용 조명으로 충분히 사용 가능함을 알 수 있었다.

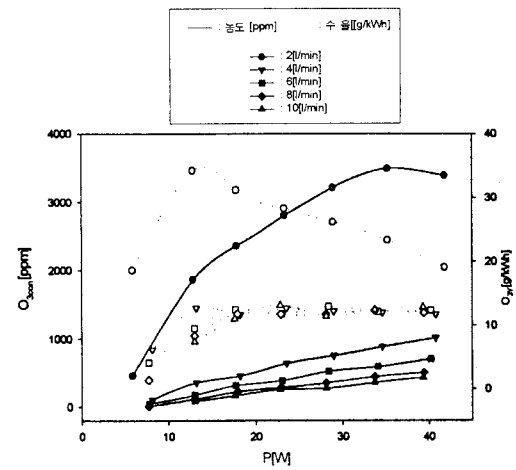


그림5. 폐형광등형 오존발생기의 전력 및 유량에 따른 오존농도와 수율특성

그림 6은 유량이 10[ℓ/min]일 때, 전극을 mesh (t=0.04, 0.1[mm])와 copper(t=0.1[mm], 순도 97[%])를 사용하였을 때, 전력에 따른 오존생성특성을 측정한 것이다. 여기에서 알 수 있듯이 전극면적의 변화에 관계없이 최적의 방전조건이 존재하며, 높은 전력에서는 전극으로 사용한 mesh가 조밀할수록, 낮은 전력에서는 전극으로 사용한 mesh가 조밀하지 않을수록 높은 오존농도와 수율을 얻을 수 있었다. 이는 전극이 없는 부분에서도 연면에 의한 방전이 일어나는 것을 알 수 있다.

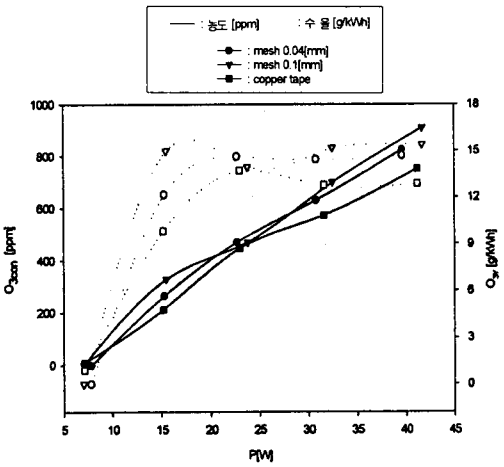


그림6. 폐형광등형 오존발생기의 전극의 종류 및 전력에 따른 오존농도와 수율특성

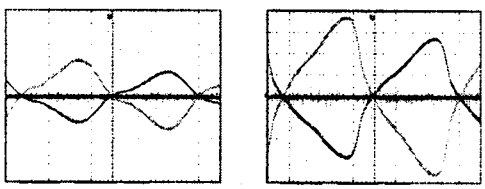
4.2 방전특성

그림 7은 유량이 2[ℓ/min]일 때, 그림 8은 유량이 10[ℓ/min]일 때, 입력전압을 100, 220[V]로 증가시켰을 때의 폐형광등형 오존발생기의 방전전압, 방전전류의 파형을 오실로스코프(Tektronix TDS 3014)와 CT를 이용하여 측정한 것이다.

여기에서, CH1은 그림 1의 내부 전극의 전압 파형이며, CH2는 외부 전극의 전압 파형이며, CH3은 내부전극의 전류 파형이다.

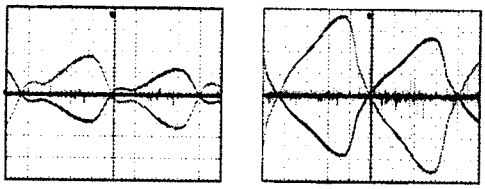
입력전압이 상승함에 따라서 방전전압과 방전전류는 상승하였고, 유량이 증가함에 따라서 방전전압은 큰 차이가 없었으나 방전전류는 감소하는 것을 알 수 있다.

이는 유량이 증가할수록 유속이 빨라짐에 따라 산소분자가 방전공간 내를 통과하는 시간이 짧아지기 때문이다



a) V_d = 6.42[kV] I_d = 0.8[mA]　　V_d = 15.29[kV] I_d = 1.2[mA]

그림7. 유량 2[ℓ/min], 입력전압 100, 220[V] 일 때, 방전전압 및 방전전류 특성



a) V_d = 6.87[kV] I_d = 0.89[mA]　　V_d = 15.25[kV] I_d = 0.98[mA]

그림8. 유량 10[ℓ/min], 입력전압 100, 220[V] 일 때, 방전전압 및 방전전류 특성

5. 결 론

폐형광등을 재활용하여 공공장소의 조명과 악취제거를 위한 형광방전등형 오존발생기를 제작하여 방전특성과 오존생성특성을 살펴본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 조명용 형광방전등형 오존발생기를 사용한 경우, 유량 2[ℓ/min]에서 오존농도 및 수율이 각각 2824[ppm] 및 21.7[g/kWh]를 얻을 수 있었으며, 실내공기정화 및 악취제거를 위해 충분한 오존농도를 제공 가능함을 알 수 있었으며, 또한, 조도는 측정결과 5[lx]를 나타내어 공공장소의 비상용 조명으로 충분히 사용 가능함을 알 수 있었다.

2) 폐형광등을 이용한 형광방전등형 오존발생기는 입력전력 35.2[W]에서 최대 오존생성농도와 수율이 각각 3495[ppm], 23.4[g/kWh]를 얻을 수 있었으며, 폐형광등을 재활용하여도 충분히 활용가능한 오존발생기를 제작 가능함을 알 수 있었다. 또한, 조도는 측정결과 5[lx]를 나타내어 조명용 형광방전등과 함께 공공장소의 비상용 조명으로 충분히 사용 가능함을 알 수 있었다.

[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]宗宮功, "オゾン利用水處理技術", 公害對策技 術同友會, pp.27 ~ 31, pp.83 ~ 95, 昭和63年

[3]中山繁樹, "オゾンの 應用", 電學論D, 114卷 4號, pp.362 ~ 369, 平成6年

[4]宋 炫直, "중첩방전형 오존발생기의 특성과 환경개선에 관한 연구", 博士學位論文, 1997

[5]Z. Falkenstein and John J Coogan, "Microdischarge behaviour in the silent discharge of nitrogen-oxygen and water-air mixtures", J. Phys. D:Appl. Phys. Vol 30, pp. 817 ~ 825, 1997

[6]Victor Puchkarev and Martin Gundersen, "Energy efficient plasma processing of gaseous emission using a short pulse discharge", Appl. Phys. Leff. Vol 71, No. 23, pp. 3364 ~ 3366, 1997

[7]A. Deryugin, A Napartovich, C Gorse, F. Paniccia and M. Capitelli, "Ozone Production and de-NO_X Modeling in Dry Air Electrical Discharges", Plasma Chemistry Plasma Processing. Vol 17, No. 1, pp. 79 ~ 91, 1997

[8]Yiaxiong Jie and Xueji Xu, "Study on the Breakdown Process in Dielectric Barrier Discharge With a Magnetohydrodynamic Method", Physica Scripta. Vol 53, pp. 212 ~ 215, 1996