중첩방전형 오존발생기의 특성(Ⅲ)

송 현직**, 이 광식*, 이 동인*, 김 기채*, 이 동헌**, 김 금영***, 이 춘하****,전 영주*****
*:영남대 전기전자공학부, **:구미전문대 전기과, ***:포항전문대 전기과, ****:호서대 안전공학부, *****:영진전문대 전기과

Characteristics of a Superposed Discharge Type Ozonizer(Ⅲ)

Hyun-Jig Song**, Kwang-Sik Lee*, Dong-In Lee*, Dong-Heon Lee**, Geum-Young Kim***, Chun-Ha Lee****, Young-Ju Jeun*****
*:Yeungnam University, **:Kumi Junior College, ***:Pohang Junior College, ****:Hoseo University, *****:Young Jin College

Abstract - In this paper, a superposed discharge type ozonizer(IESDO) has been designed and manufactured. IESDO is equipped with three electrodes(central, internal and external electrodes), and it is composed of two gaps. Ozone is generated by overlapping silent discharge, which is respectively came from two gaps. This paper describes the following characteristics : ① The characteristics of discharge with variation of output voltage of AC H.V source, quantity of supplied gas and discharge voltage ② the characteristics of ozone generation with variation of quantity of supplied gas, discharge power,operating number of IESDO.

1. 서 론

산업사회의 발달로 광화학스모그, 산성비 등의 유발에 따른 대기환경오염과 산업오폐수, 생활하수 등에 의한 수질환경오염에 대한 우려가 국내외적으로 증폭되고 있는 현시점에서 오존의 강한 산화력을 이용하여 오염된 대기 및 수질을 정화시키는 장치들이 환경재생용으로 광범위하게 이용되고 있다.[1][2][3] 환경재생용 장치들의 핵심부분인 오존발생기는 기체방전의 원리를 응용한 무성방전형 오존발생기가 널리 이용되고 있다. 그러나 무성방전형 오존발생기는 이론적 오존생성수율이 1,200[g/kwh] 정도지만, 방전부의 열손실 등으로 인하여 실용형에서는 산소원료가스인 경우 220[g/kwh], 공기원료가스인 경우 90[g/kwh]로 대단히 저하되는 것으로 알려지고 있다.[4] 이러한 관점에서 본 논문에서는 저전력·고농도·고수율 오존발생기의 개발을 목적으로 무성방전의 중첩을 이용한 중첩방전형 오존발생기(SDO)를 설계·제작하여 방전기구 및 오존생성기구를 연구검토하였다.

제작된 SDO 는 3개의 전극(① 중심전극(CE), ② 내부전극(IE) 및 ③ 외부전극(EE))를 장착하도록 고안되었다. 이때, CE 는 공통접지하고 IE 와 EE 에는 180[°]의 위상차를 가진 역극성의 교류고전압을 각각 인가하므로서 구성되는 SDO인 IESDO 의 내부에는 2개의 gap 이 존재하는 방전공간이 형성된다. 결국 이들 gap 내에서 무성방전이 중첩발생될 때 방전특성 및 오존생성성특성(오존생성농도, 오존발생량 및 오존생성수율)을 연구검토하였다.

2.중첩방전형 오존발생기의 방전기구 및 오존생성기구

2.1 중첩방전형 오존발생기의 방전기구

1쌍의 평행평판 전극 한쪽 혹은 양쪽면에 Glass 등의 유전체를 삽입한 후 미소(1 ~ 3[mm]) 방전공간에 원료가스로써 공기 혹은 산소를 대기압하에서 공급하면서 양전극간에 교류고전압을 인가하면 무성방전(Silent discharge)에 의한 화학작용으로 원료가스의 일부가 오존으로 되어 오존발생기 출구측에는 오존화가스가 생성된다.

이때, 무성방전형 오존발생기의 방전공간에는 미세한 Pulse 방전이 형성되고,[5] 방전전류는 교류 正負전압이 최대점에 이를 때까지 형성되다가 전압이 正負의 최대점으로 부터 강하되면서 소멸된 결과 1주기에 방전구간과 비방전구간이 각각 2회씩 존재하게 된다. 따라서 무성방전의 중첩에 의하여 제작된 SDO 는 전극 IE 와 EE 에 180[°]의 위상차를 지닌 역극성의 교류고전압을 동시에 인가하므로서 1주기내에 방전구간이 4회 존재하면서 비방전구간이 짧아지게 된다. 그 결과 무성방전시보다 미세한 Pulse 적인 방전의 집합체로 전자가 전극면상의 무수히 많은 점으로 부터 발생되므로 전자와 원료가스내 산소분자와의 충돌에 의해 발생되는 오존의 화학반응으로 유용한 방전이라 생각된다.

2.2 중첩방전형 오존발생기의 오존생성기구

식 (1) ~ (4)는 산소원료가스인 경우, 무성방전에 의한 주된 오존생성 및 분해반응이다.[2]

$$O_2+e\rightarrow 2O+e \quad (1) \qquad O+O_2+O_2\rightarrow O_3+O_2 \quad (2)$$

$$O+O_3\rightarrow 2O_2 \quad (3) \qquad O_3+e\rightarrow O_2+O+e \quad (4)$$

여기서 e : 전자, O : 산소원자, O_2 : 기저상태의 산소분자, O_3 : 오존이다. 즉, 무성방전형 오존발생기의 오존생성기구는 ①전자충돌에 의한 산소활성종의 생성, ②오존생성반응 및 ③오존분해반응으로 이루어진다. 그러나,

무성방전형 오존발생기는 생성된 오존의 농도가 높아질수록 오존의 분해반응도 활발하게 진행되기 때문에 고수율 오존생성이 곤란하게 된다. 따라서 본 논문에서는 무성방전형 오존발생기의 특성을 개선하여 고농도·고수율의 오존발생기를 개발할 목적으로 식 (5) 및 (6)과 같이 무성방전형 오존발생기의 방전전류파형 형성시 방전구간에서 존재하는 勵起 산소분자(O_2^*)를 경유하는 오존생성기구의 유용성을 고려하였다.[6]

$$O_2+e \rightarrow O_2^*+e \quad (5) \qquad O_2^*+e \rightarrow 2O+e \quad (6)$$

여기서 O_2^* : 여기상태의 산소분자이다. 결국, O_2^* 는 O_2 보다도 낮은 에너지의 전자에 의하여 해리되므로 O_2^* 가 존재하면 식 (6)의 반응은 식 (1)의 반응보다 빠르게 발생하여 O_2 를 기저상태로 부터 전리하는 것 보다 쉽게 발생된다. 그러나, O_2^* 에 전자가 충돌하지 않으면 방전휴지구간에서 O_2^* 가 해리 또는 전리되지 않고 脫勵起하여 기저상태로 되돌아가게 된다. 따라서, 2Gap 에 3개의 전극이 장착된 IESDO 는 전극 IE 와 전극 EE 에 180[°]의 위상차를 가진 역극성의 교류고전압이 동시에 인가되므로서 正負 교류고전압의 최대치에 이를 때까지 형성되는 방전구간이 무성방전형 오존발생기보다 길어져서 오존생성특성을 향상시킬 수 있는 구조이다.

3. 실험장치 및 방법

3.1 실험장치

그림 1은 IESDO 를 사용하여 방전특성 및 오존생성특성을 연구하기 위한 실험장치의 배치도이다.

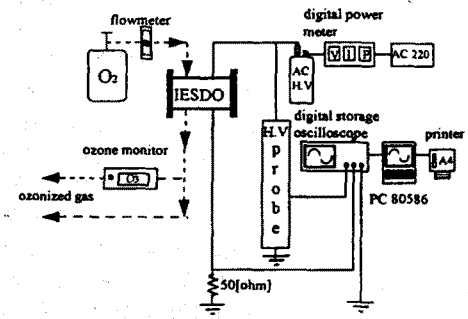


그림 1. IESDO 를 이용한 오존발생장치의 배치도

실선은 전원장치와 계측정치들을 연결한 회로이며, 점선은 원료가스 공급장치(산소) 및 계측장치들을 흐르는 산소 및 오존화 가스의 흐름을 나타낸 가스 흐름선도이다.

3.2 실험방법

IESDO 의 방전특성을 연구하기 위하여 원료가스가 상업용 산소이고 IE 의 두께가 0.035[mm]일 때, 전원장치 출력전압(V_2) 및 원료가스의 유량(Q)의 변화에 따른 방전전압(V_{dc1}) 및 방전전류(I_{dc1}) 및 방전전력(W_{dc1})을 측정하였다. 또한, 오존생성특성을 연구하기 위하여 Q, W_{dc1} 및 IESDO 의 개수(N_1) 변화에 따른 오존생성농도(O_{3con}), 오존발생량(O_{3g}) 및 오존생성수율(O_{3Y})을 측정 및 계산하였다.

4. 실험결과 및 검토

4.1 IESDO 의 방전특성

그림 2는 Q 를 매개변수로 한 V_2-V_{dc1}, I_{dc1} 특성을 나타낸 것이다.

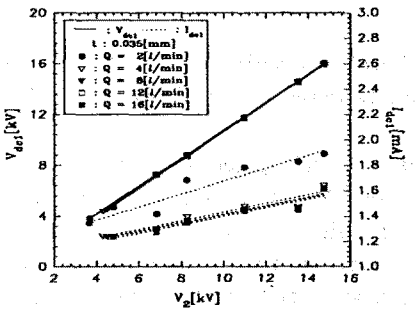
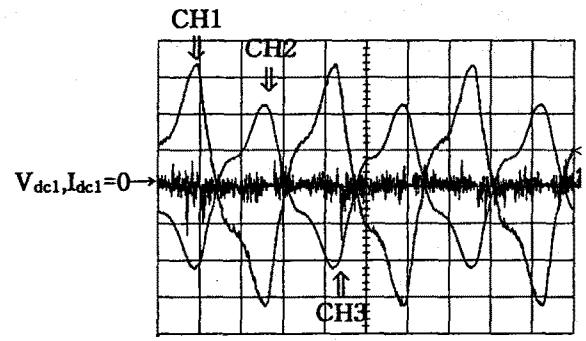


그림 2. Q 를 매개변수로 한 V_2-V_{dc1}, I_{dc1} 특성

그림 3은 그림 2에서 Q = 2[ℓ/min]일 때, V_{dc1}(16.0[kV]) 및 I_{dc1}(1.9[mA])의 측정파형이다.



CH1:2[kV/div], CH2:10[kV/div], CH3:40[mA/div]
CH1, CH2, CH3:5[ms/div]
그림 3. Q = 2[ℓ/min]일 때, V_{dc1}(16.0[kV]) 및 I_{dc1}(1.9[mA])일 때의 전압·전류파형

그림 4는 Q 를 매개변수로 한 V_{dc1}-W_{dc1} 특성을 나타낸 것이다.

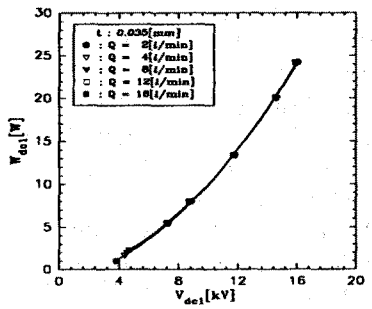
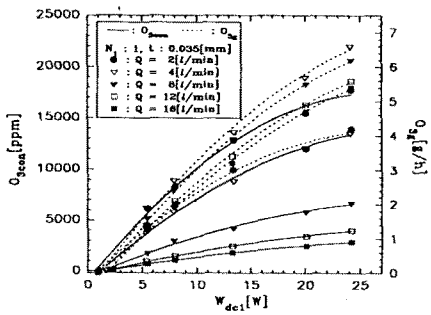


그림 4. Q 를 매개변수로 한 V_{dc1}-W_{dc1} 특성

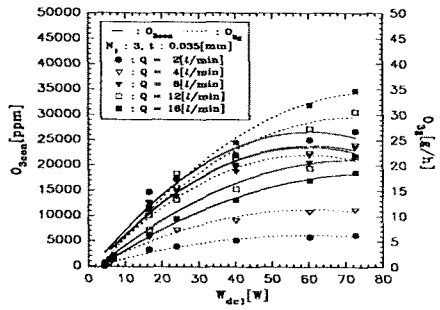
4.2 IESDO 의 오존생성특성

4.2.1 방전전력-오존생성농도 · 발생량특성

그림 5의 (a) 및 (b)는 N_1 이 1 및 3일 때, Q 를 매개변수로 한 W_{dc1}-O_{3con}, O_{3g} 특성을 나타낸 것이다.



(a) N_1 = 1

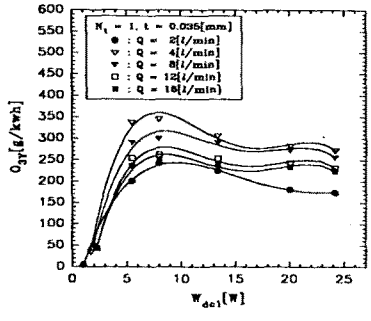


(b) N_1 = 3

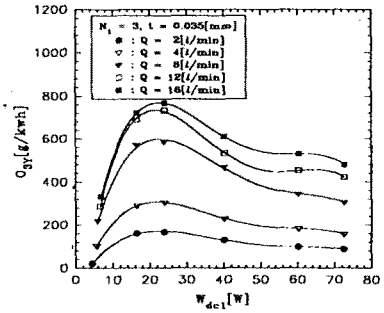
그림 5. N_1 = 1 및 3일 때, Q 를 매개변수로 한 W_{dc1}-O_{3con}, O_{3g} 특성

4.2.2 방전전력-오존생성수율특성

그림 6의 (a) 및 (b)는 N_1 이 1 및 3일 때, Q 를 매개변수로 한 W_{dc1}-O_{3Y} 특성을 나타낸 것이다.



(a) N_1 = 1



(b) N_1 = 3

그림 6. N_1 = 1 및 3일 때, Q 를 매개변수로 한 W_{dc1}-O_{3Y} 특성

5. 결 론

중첩방전형 오존발생기(IESDO)를 제작한 후, 상업용산소를 원료가스로 사용하여 방전특성 및 오존생성특성을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 방전전압, 방전전류 및 방전전력은 전원장치의 출력전압에 비례하였다. (2) IESDO 의 전류 pulse 는 역극성의 교류고전압이 각각 최대점에 이를 때까지 正負가 동시에 발생되어 무성방전의 중첩이 활발하게 형성되는 것을 확인할 수 있었다. (3) 오존생성농도는 방전전력 및 IESDO 의 개수증대에 따라서 상승하고, 유량감소에 따라 증대된 결과, 최대 26680[ppm]을 얻을 수 있었다. (4) 오존발생량은 방전전력 및 IESDO 의 개수 증대에 따라서 상승하고, 유량의 증대에 따라서는 감소된 결과, 최대 34.7[g/h]을 얻을 수 있었다. (5) 오존생성수율은 IESDO 의 개수증대에 따라서 상승하고, 방전전력 및 유량변화에 따라서 극대점이 존재한 결과 최대 783.0[g/kwh]을 얻을 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] 藤井寬一, 東學, "自動車排がス處理への放電應用",放電研究, No.134, 平成3年

[3] H.J.Song, K.S.Lee, D.I.Lee, "A study on the high voltage nozzle type ozonizer", Pro. of the 11th International Conference on Gas Discharges and Their Applications, Vol.2, pp.320 ~ 323, 1995

[4] 山部長兵衛, "オゾンの發生技術", 電學論D, 114卷4號, 平成6年

[5] P.C.Foller, "Ozone Science and Engineering", Vol.6, pp.29 ~ 36, 1984

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