

원료가스의 온도변화를 고려한 중첩방전형 오존발생장치의 특성

이 상근★●, 송 현직●, 전 병준●, 김 영훈◆, 김 상구■, 박 원주●, 이 광식●
● 영남대학교 전기전자공학부, ◆ 포항전문대학 전기과, ■ 대구경북중소기업청 전기실

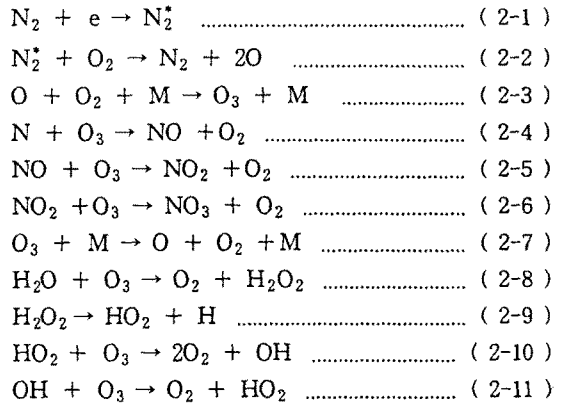
The Characteristics of Superposed Discharge Type Ozonizing System Considering the Change of Temperature of the Supplied Gas

Sang-Keun Lee★●, Hyun-Jig Song●, Byung-Joon Chun●, Yeong-Hun Kim◆ Sang-gu Kim ■
Won-Zoo Park●, Kwang-Sik Leé●

● Dept. of Electrical and Electronic Engineering of Yeungnam University, ◆ Electricity of Pohang Junior College, ■ R.S.M.B.A. of Taegu · kyoungbuk

Abstract - In this paper, a superposed discharge type ozonizer was designed and manufactured. The ozonizer is equipped with three electrodes : central electrode, internal electrode and external electrode, and it consists of two gaps. The ozone is generated by superposing silent discharge, which are respectively generated between two gaps. This paper describes the following two characteristics : ① the characteristics of discharge with variation with output voltage of AC High Voltage source, quantity of the supplied gas and discharge voltage ② the characteristics of ozone discharge power, temperature of the supplied gas.

오존생성에 주된 역할을 하는 산소의 생성에 영향을 주게된다. 그 결과 공기를 원료가스로 하는 무성방전형 오존발생기에서의 주된 오존생성 및 분해 반응은 다음과 같다.



M : 제3의 물질 (O, O₂, N₂)

오존생성에 관여하는 주요한 반응은 식 (2-1) ~ 식 (2-3)과 같고 오존의 분해에 관여하는 주요한 반응은 식 (2-4) ~ 식 (2-7)로 나타낼 수 있다. 식 (2-8) ~ 식 (2-11)은 수분에 의한 오존의 분해반응을 나타내고 있다.

이때, 무성방전에 의한 오존의 농도가 높아질수록 오존의 분해 반응도 활발해 지므로 설계·제작된 중첩방전형 오존발생기는 3개의 전극과 2개의 gap이 존재하는 방전공간에 180[°]의 위상차를 가진 교류고전압을 각 gap 에 동시에 인가하면서 원료가스의 온도를 제어하여 오존의 분해반응을 감소시켜 오존생성수율을 향상시킬 수 있는 구조이다.

1. 서 론

오존이 강력한 산화력과 2차공해에 무관함으로 인해 환경오염의 원인이 되는 오염물질의 제거나 발생저감을 위한 대책의 하나로 제안되어지고 있다. 전기적 기체방전에 의한 오존의 이용은 상·하수처리분야에서 식품의 살균과 보존에 이르기까지 광범위한 분야에서 연구가 활발히 이루어지고 있다.

특히 대용량의 오존생성을 위해 무성방전을 이용한 오존발생기가 이용되고 있으며, 오존발생에 있어서 고수산화, 대용량화 및 오존발생기의 소형화를 위한 연구와 기술개발이 국내외적으로 활발히 진행되고 있다.

이러한 관점에서 본 연구에서는 대기공기를 원료가스로 사용하기 위한 장치로 compressor와 대기중 수분제거를 위한 제습장치, 원료가스의 냉각을 위한 냉각장치를 제작하여 실용형 오존발생기의 특성을 연구·검토하여 오존발생에 보다 나은 조건을 제시하고자 한다.

2. 관련이론

2.1 무성방전과 중첩방전형 오존발생기

산소를 포함하고 있는 기체를 1개 이상의 glass나 ceramic 등의 유전체를 끼워놓은 전극을 대향시켜 1~3[mm] 정도의 gap 을 갖도록 설치한 후, 교류고전압을 인가하면 기체방전에 의하여 원료가스중에 포함된 산소의 일부가 무성방전(Silent discharge)에 의한 화학작용으로 오존을 생성하게 된다.

이때, 무성방전은 미세한 pulse 적인 방전의 집합체로 전자가 전극면상의 다수점으로부터 발생되므로 전자와 원료가스내 산소분자의 충돌에 의해 생성되는 오존의 화학작용으로써 유용한 방전이라 할 수 있다.

일반적으로 원료가스로 대기공기 사용하는 경우, 전자충돌에 의한 산소분자의 전리 외에 공존하는 질소가

3. 실험장치 및 방법

3.1 실험장치

그림 1은 무성방전형 오존발생기와 냉각장치 및 제습장치를 장착한 오존발생장치에서의 방전특성 및 오존생성특성을 연구하기 위한 실험장치의 배치도를 나타낸 것이다. 그림에서 실선은 방전특성을 조사하기 위한 전원장치와 계측장치들을 연결한 회로이며, 점선은 오존생성특성을 연구하기 위한 가스 흐름선도로서 대기공기 공급장치 및 계측장치들을 흐르는 오존화 가스의 흐름을 나타내고 있다. 또한, 원료가스의 냉각을 위하여 냉각용 트랩을 제작하여 사용하였다.

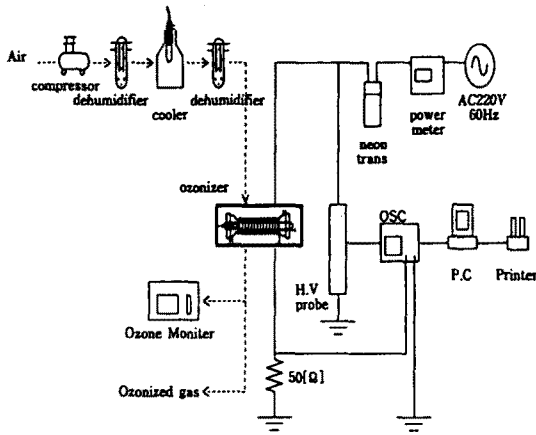


그림 1. 오존발생장치의 배치도

3.2. 실험방법

중첩방전형 오존발생장치의 온도변화에 따른 방전특성을 연구하고자 대기공기의 유량 (Q : 4, 8, 12, 16 (ℓ /min)), 오존발생기 입력전압 (V_2) 및 원료가스의 온도 (T)의 변화에 따른 방전전압 (V_d), 방전전류 (I_d) 및 방전전력 (W_d)을 측정하였다. 또한 Q , T 및 W_d 의 변화에 따른 오존생성농도 (O_{3con}), 오존발생량 (O_{3g}) 및 오존생성수율 (O_{3y})을 측정 및 계산하였다. 원료가스의 냉각은 액체질소 (LN_2)에 냉각용트랩을 접촉하여 액체질소의 기화열에 의해 온도 (T)를 조절하였다.

4. 실험결과 및 검토

4.1 방전특성

그림 2는 T 및 V_2 의 변화에 따른 V_d 및 I_d 특성을 나타낸 것이다. 여기서 T 가 감소함에 따라서 방전공간 내의 소호능력이 증대하여 V_d 는 상승하고, I_d 는 감소하였다. I_d 의 감소에 의해 방전공간내에서 산소분자와 전자와의 충돌에 의한 전리확률은 낮아지게 된다.

그림 3은 $T = -40[^\circ C]$ 일 때, V_d (15.0[kV]) 및 I_d (2.6[mA])의 측정파형으로 전압이 최대치에 이를 때까지 전류파형이 나타나다가 전압이 강하함에 따라서 전류가 소멸되는 방전휴지기간이 나타났다(그림 3).

그림 4는 V_d 를 매개변수로 한 $T-W_d$ 의 특성을 나타낸 것으로 T 의 감소에 따라서 V_d 의 상승과, I_d 의 감소로 인해 W_d 는 큰 변화를 보이지 않았다.

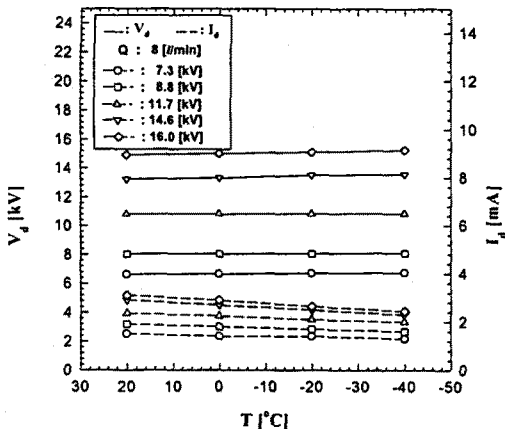
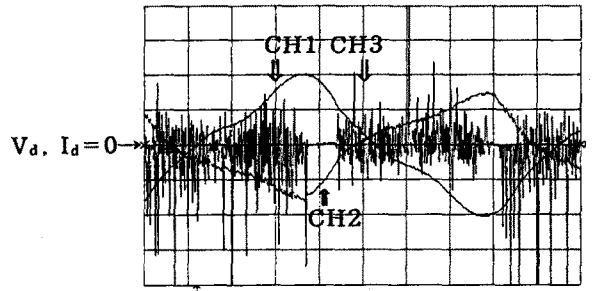


그림 2. T 및 V_2 의 변화에 따른 V_d 및 I_d 특성



CH1:10[kV/div], CH2:4[kV/div],
CH3:10[mA/div]
CH1, CH2, CH3:5[ms/div]
그림 3. $T = -40[^\circ C]$ 일 때, V_d (15.0[kV]) 및 I_d (2.6[mA]) 측정파형

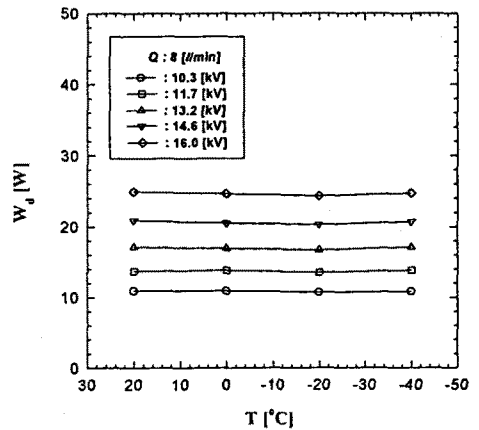
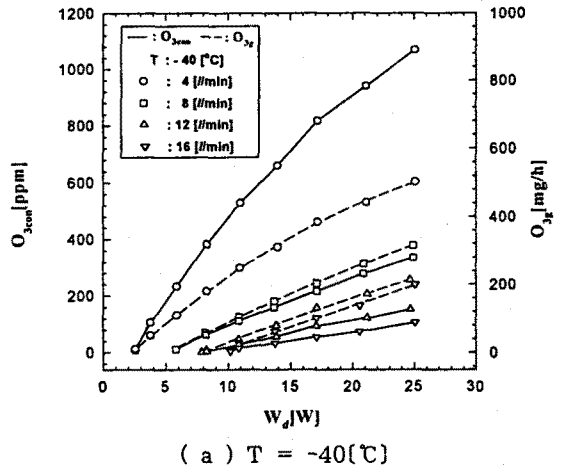


그림 4. V_d 를 매개변수로 한 $T-W_d$ 특성

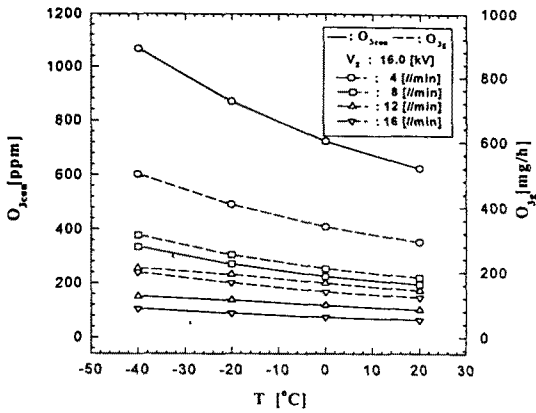
4.2 오존발생기의 오존생성특성

4.2.1 온도-오존생성농도·발생량특성

그림 5의 (a) 및 (b)는 오존발생기의 V_2 가 각각 11.7 및 16.0[kV]일 때, Q 의 변화에 따른 $T-O_{3con}$ 및 $T-O_{3g}$ 특성을 측정된 것이다.



(a) $T = -40[^\circ C]$

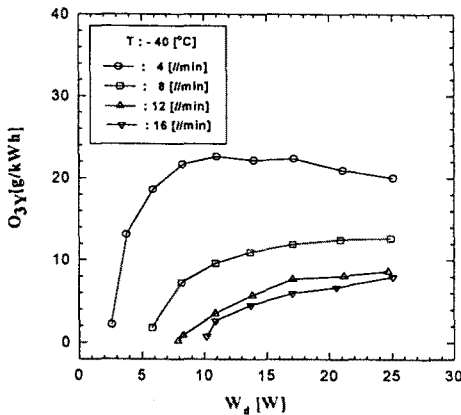


(b) $V_2 = 16.0$ [kV]
 그림 5. $V_2 = 11.7$ 및 16.0 [kV]일 때, Q를 매개변수로 한 T- O_{3con} 및 T- O_{3g} 특성

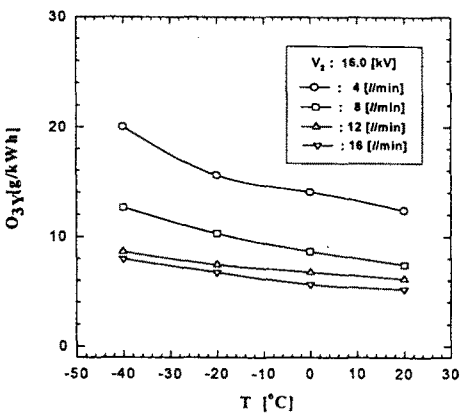
그림 5 (a)에서 W_d 가 상승함에 따라서 O_{3con} 및 O_{3g} 가 함께 상승하였고, (b)에서는 동일한 전압에 대해서 T가 감소할수록 O_{3con} 및 O_{3g} 가 증가하는 것으로 나타났다.

이것은 온도의 감소에 따라 원료가스중 수분함유량이 적어진 결과 오존의 열분해반응이 급격히 감소하여 상대적으로 O_{3con} 및 O_{3g} 가 상승하게 된다.

4.2.2 온도-오존생성수율특성



(a) T = -40[°C]



(b) $V_2 = 16.0$ [kV]

그림 6. T = -40[°C] 및 $V_2 = 16.0$ [kV]일 때, W_d 및 T의 변화에 따른 O_{3Y} 특성

그림 6의 (a)는 원료가스의 온도가 -40[°C]일 때, Q를 매개변수로 한 W_d - O_{3Y} 특성을 나타낸 것이고, (b)는 오존발생기의 V_2 가 16.0[kV]일 때, Q를 매개변수로 한 T- O_{3Y} 특성을 나타낸 것이다. O_{3Y} 역시 온도의 감소에 따라 오존의 열분해반응이 급격히 감소하므로 상대적으로 O_{3Y} 가 상승하게 된다.

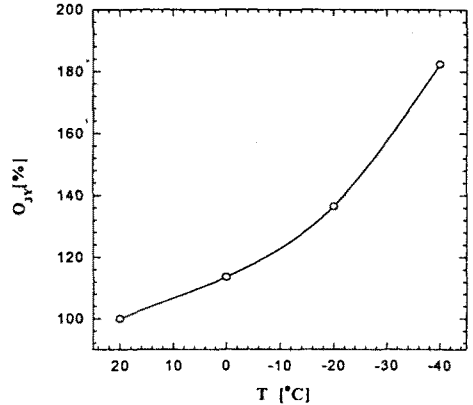


그림 7. 온도변화에 따른 O_{3Y} 상승특성

그림 7은 20[°C]에서의 O_{3Y} 값을 기준으로 한 온도변화에 따른 O_{3Y} 상승율특성을 나타낸 것이다.

5. 결론

무성방전의 중첩을 이용하여 설계제작된 중첩방전형 오존발생기에 대해 대기공기 원료가스의 온도변화에 따른 방전특성과 오존생성특성을 연구검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- ① 원료가스의 유량이 일정한 경우, 원료가스의 온도가 감소할수록 오존생성농도와 발생량 및 오존생성수율은 증가하였으며, 방전전력변화에 따라서 오존생성수율의 극대점이 존재함을 알 수 있었다.
- ② 입력전압이 일정한 경우, 온도가 감소할수록 오존생성농도와 발생량 및 오존생성수율은 증가하였으며, 유량이 감소할수록 높은 수율을 얻을 수 있었다.
- ③ 오존발생기에 투여되는 원료가스의 온도변화에 따른 오존생성수율은 온도의 감소에 따라서 오존생성특성이 증가한 결과 유량이 4[l/min]일 때, 원료가스의 온도가 -40[°C]인 경우가 -20[°C], 0[°C] 및 20[°C]인 경우에 비해 각각 33%, 60% 및 68%의 상승율을 얻을 수 있었으며, T가 20[°C]에 비해, T가 0[°C], -20[°C] 및 -40[°C]인 경우, O_{3Y} 는 각각 1.13, 1.36, 1.82배의 O_{3Y} 를 얻을 수 있었다.
- ④ 이상의 결과, 유량이 4[l/min]일 때, 원료가스의 온도가 -40[°C]인 경우에 최대 1068[ppm], 502[mg/h] 및 22.58[g/kWh]의 최대 O_{3Y} 를 얻을 수 있었다.

[참고 문헌]

- [1] 吐合一徳, "二重放電方式を用いた大気塵擴散形グロー放電によるオゾン生成特性, T.IEE Japan, Vol.117-A, No.12, pp.1194 ~ 1199, 1997
- [2] 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
- [3] 井關昇, "オゾンナイザのオゾン收率におよぼす原料ガス中水分の影響", ED-86-86, pp.9 ~ 15, 1986
- [4] R. Peyrous, "The Effect Of Relative Humidity On Ozone Production By Corona Discharge In Oxygen Or Air", Ozone Science and Engineering, Vol.12, pp.41 ~ 64, 1990
- [5] Moo Been Chang, "Experimental Study on Ozone Synthesis via Dielectric Barrier Discharges", Ozone Science and Engineering, Vol.19, pp.241 ~ 254, 1997