

고주파전압인가에 따른 무성방전형 오존발생기의 특성

이창호♦, 전병준♦, 박원주♦, 이광식♦, 우성훈▲, 박용권▼, 윤영대●, 김영훈●
 영남대학교♦, 아시아대학교▲, 대구광역시청▼, 포항1대학●

**The Characteristics of Silent Discharge Type Ozone Generator
 by Applying Radio Frequency Voltage**

C.H Lee♦, B.J Chun♦, W.Z Park♦, K.S Lee♦, S.H Woo▲, Y.K Park▼, Y.D Yoon●, Y.H Kim●
 Yeungnam Univ♦, Asia Univ▲, Daegu City Hall▼, Pohang 1 College●

Abstract - 본 연구에서는 공업용으로 널리 사용되고 있는 오존발생법의 하나인 무성방전법을 응용한 고주파전압인가에 따른 오존발생기를 설계·제작하여 오존생성의 중요한 인자중 하나인 주파수변화에 따른 오존생성특성을 연구하였다.

전극은 직경 6[mm]의 stainless를 사용하였으며, 석영 유리(내경×외경:6×7[mm])를 유전체로 하여 유전체 외부에 동판(두께:0.1[mm])을 밀착하여 외부전극으로 사용하였다. 또한, 방전부의 길이는 200[mm]로 고정하고, 방전갭을 0.5[mm]로 유지하였다.

1. 서 론

대기 및 수질 등의 생활 환경오염이 심화되고 있는 가운데 선진각국을 중심으로 그 오염대책이 마련되고 있으며, 그 중 오존의 이용에 관심을 모으고 있다.

오존은 산소보다 물에 녹기 쉬우며, 물에 녹은 오존이나 상온의 기체 중에 존재하는 오존은 서서히 분해하여 산소로 환원하므로 2차 오염을 유발하지 않는다는 장점을 갖는다.

국내에서도 오존을 이용한 오·폐수의 처리와 상수처가 보급되고 있는 가운데 오존발생의 효율과 성능면에서 가장 많이 보급되고 있는 무성방전형 오존발생기의 연구가 끊임없이 진행되고 있다.

본 연구에서는 공업용으로 널리 사용되고 있는 동축원통형 오존발생기를 설계·제작하여 고주파전압인가에 의한 무성방전형 오존발생기의 오존생성특성 및 방전전력을 측정하였다.

2. 본 론

2.1 실험장치 및 방법

본 실험에 사용된 실험장치의 개략도를 그림1에 나타내었다.

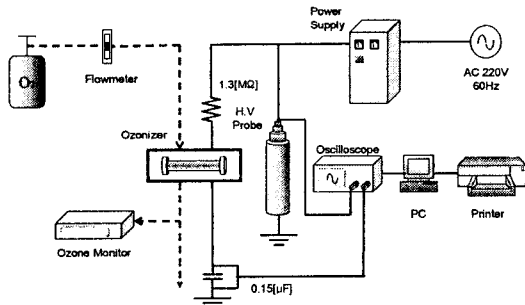


그림1. 실험장치의 구성도

본 실험에 사용된 전원장치는 인버터와 트랜스로 구성된 고주파전원장치(20kv, 20kHz)를 사용하였다. 그림에서 실선은 방전특성을 조사하기 위한 전원장치와 계측장치들을 연결한 회로이며, 점선은 오존생성특성을 연구하기 위한 가스흐름도이다.

그림2는 오존발생기의 단면도를 나타낸 것으로 중심

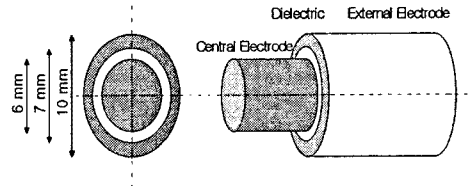


그림2. 오존발생기의 단면도

각각의 주파수(0.5~2[kHz])에 따른 각각의 유량(0.5~3[l/min])에 대한 오존생성농도 및 방전전력을 측정하였고, 방전전력을 나타내기 위하여 리사주도형을 이용하였다.

2.2.1 Lissajous법에 의한 방전전력 측정

무성방전 방전기수에 대한 중요한 파라메타 중의 하나는 전력의 소비량이다. 무성방전시의 방전전력은 그림 3과 같이 오존발생기에 인가된 전압과 그에 따른 전하량을 이용 Lissajous 도형으로부터 구할 수 있다.

교류전압을 인가할 때의 순시전력을 p 라고 정의하면, 이 순시전력 p 는 부하에 가해진 전압 $v_g(t)$ 와 콘덴서에 흐르는 전류 $i(t)$ 의 곱이 되므로 이 때, 1주기의 전력 (W)은 다음 식 (1-1)과 같다.

$$W = \frac{1}{T} \int_{t=0}^{t=T} p dt = \frac{1}{T} \int_{t=0}^{t=T} v_g(t) dt \cdot i(t) dt \quad (1-1)$$

따라서, 측정 파형의 주기를 T 라고 하였을 때 시간 $t = 0$ 에서 $t = T$ 사이에 소비된 에너지 ω 는

$$\omega = \int_{t=0}^{t=T} v_g(t) \cdot i(t) dt \quad (1-2)$$

로 된다. 여기에서 전류가 측정용 콘덴서 C_s 를 흐르면 전류 $i(t)$ 는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$i(t) = \frac{dq}{dt} = C_s \frac{dv_c}{dt} \quad (1-3)$$

그러므로 식 (1-2)는

$$\omega = \int_{t=0}^{t=T} v_g(t) \cdot C_s dv_c = \int_{t=0}^{t=T} v_g(t) \cdot dq(t) \quad (1-4)$$

와 같이 1주기 에너지로 나타낼 수 있다. 여기에서, C_s : 콘덴서의 정전용량, v_g : 부하에 인가된 전압, v_c : 콘덴서 양단 전압이다.

식 (1-4)에서 $C_s dv_c = dq(t)$ 이므로 1주기에서 소비된 에너지는 Lissajous 도형의 V-q 궤적의 면적과 동일함을 알 수 있다. 이렇게 1주기 동안에 소비된 에너지가 계산되면 1주기 동안 소비된 전력 W은

$$W = \frac{\omega}{T} = \omega \times f \quad (1-5)$$

같이 구할 수 있다.

여기에서 f : 가된 전압의 주파수이다.

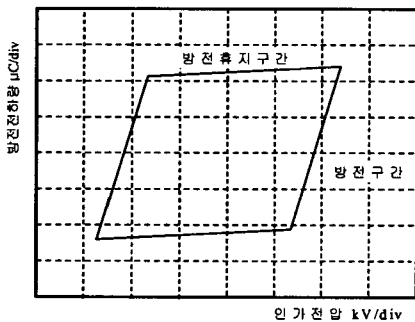


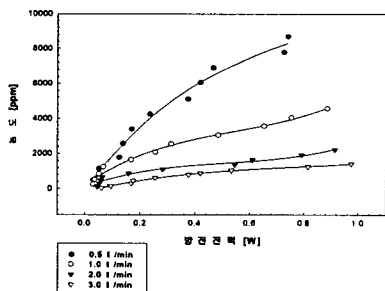
그림3. 무성방전의 Lissajous 도형

2.2 실험결과 및 고찰

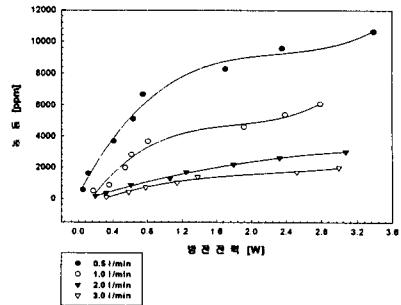
2.2.1 오존생성특성

그림4은 주파수 0.5 및 2[kHz]일 때, 유량(0.5, 1, 2, 3(l/min))을 매개변수로 한 방전전력-오존생성농도 특성을 나타낸 것이다.

각각의 주파수에서 유량이 적을수록 유속이 저하되므로 방전공간 내부를 횡단하는 원료가스인 산소의 냉각효과가 상대적으로 유량이 많을 때 보다 낮아진다. 그러므로 유량이 적어짐에 따라 냉각효과가 저하되므로 원료가스 중의 산소분자의 운동성 향상으로 방전구간 내에서 산소분자와 전자의 충돌전리확률이 높아져 무성방전이 활성화되고, 이에 방전 pulse의 수가 증가하게 된다. 방전전력이 일정할 때, 유량이 감소할수록 오존생성농도는 증가하게 된다.



a) 주파수 0.5 [kHz]

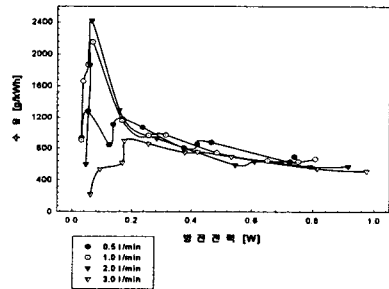


b) 주파수 2 [kHz]

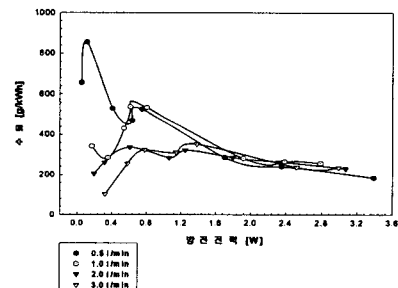
그림4. 주파수 0.5 및 2[kHz]일 때, 유량을 매개변수로 한 방전전력-오존생성농도 특성

그림5는 주파수 0.5 및 2[kHz]일 때, 유량(0.5, 1, 2, 3(l/min))을 매개변수로 한 방전전력-오존수율 특성을 나타낸 것이다.

방전전력이 약 0.1~0.2[W]까지는 생성된 오존발생량의 상승비율이 방전공간 내의 전력밀도에 의한 오존의 열분해 비율보다 상대적으로 높게 되어 오존생성수율이 상승하게 되지만, 방전전력이 그 이상이 되면 방전전력이 증가하는 비율과 오존생성량이 상승하는 비율이 일정해지므로 오존생성수율의 상승률이 둔화되는 것이라고 생각된다.



a) 주파수 0.5 [kHz]



b) 주파수 2 [kHz]

그림5. 주파수 0.5 및 2[kHz]일 때, 유량을 매개변수로 한 방전전력-오존수율 특성

2.2.2 방전전력특성

그림 5·6은 주파수 0.5 및 6[kHz]일 때, 유량을 매개변수로 한 방전전력 특성을 나타낸 것이다. 중심전극과 외부전극사이에 고주파전압에 의하여 방전공간에서

방전전압이 증가됨에 따라서 원료가스의 산소분자와 무성방전에 의해 생성된 전자와의 충돌확률이 증가되면서 무성방전이 활성화 되어 방전전압 및 전류가 상승되어 방전전력이 높아지는 것이라 생각된다.

동일한 인가전압에서 원료가스의 유량이 감소할수록 원료가스의 산소분자가 방전공간에서 체류하는 시간이 길어지고, 원료가스의 유속에 의한 냉각효과가 저하되므로 방전구간 내에서의 산소분자와 전자의 충돌전리확률이 높아져 방전 pulse의 수(미소방전주의 수)가 증가하게 되어 무성방전이 활성화된 결과 방전전력이 증가하는 것이라 사료된다.

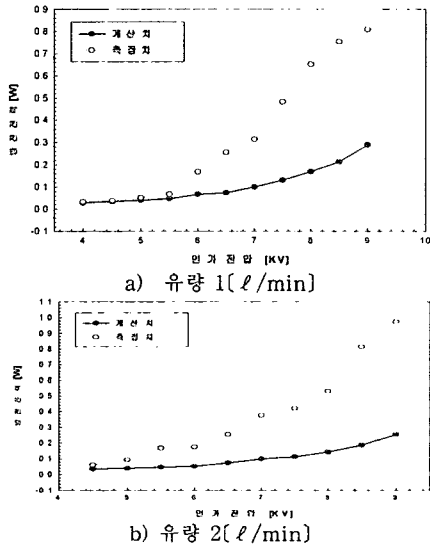


그림6. 주파수 0.5[kHz]일 때, 유량을 매개변수로 한 방전전력 특성

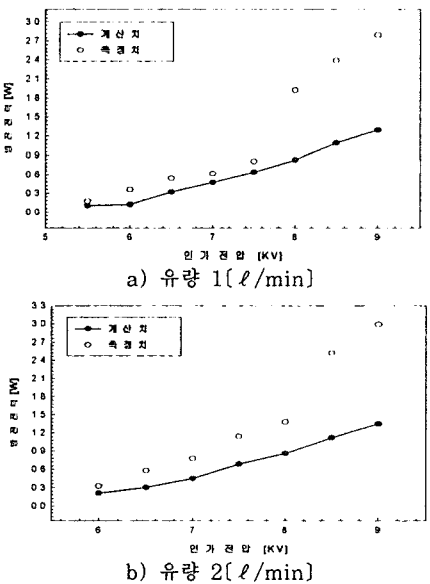


그림7. 주파수 2[kHz]일 때, 유량을 매개변수로 한 방전전력 특성

3. 결 론

본 연구에서는 고주파전원을 사용하는 동축원통형 오존발생기에 오존생성의 중요한 인자중 하나인 주파수변화에 따른 오존생성특성 및 방전전력에 대해 살펴보았다.

그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 방전전압 (V_d) 및 방전전류 (I_a)는 전원장치의 출력전압 (V_2)이 증가함에 따라서 오존발생기의 방전공간 내부의 전력밀도도 동시에 증가하므로 거의 선형적으로 상승됨을 볼 수 있다. 방전전류는 유량의 변화에 따라 큰 차이가 없었으나 방전전압은 유량이 적은 경우가 유량이 많은 경우에 비하여 미소하게 높은 것으로 나타났다.

2) 최대 오존생성농도는 유량이 0.5 [l/min]이고, 전원 주파수가 각각 0.5, 1.0, 1.5 및 2.0 [kHz]일 때 8707, 8887, 10279 및 10624 [ppm]을 얻을 수 있었다. 여기에서 주파수가 상승함에 따라 오존생성농도가 증가함을 알 수 있었다.

3) 최대 오존생성수율은 전원장치의 주파수가 0.5 kHz이고, 유량이 2.0 [l/min]일 때 2415 [g/kWh]을 얻을 수 있었다. 또한 주파수가 1.0, 1.5 및 2.0 [kHz]일 경우에 유량이 각각 1 [l/min], 1 [l/min] 및 0.5 [l/min]에서 912 [g/kWh], 2395 [g/kWh] 및 854 [g/kWh]의 최대 오존생성수율을 각각 얻을 수 있었다.

비교적 낮은 입력전압에서 최고 수율을 얻을 수 있으므로 저전력, 고수율의 오존발생기로서 활용이 가능하고, 또한 Q가 높은 경우에서는 방전전력의 증가에도 거의 일정한 오존 수율을 얻을 수 있으므로 대용량 오존발생기로서의 활용 가능성도 충분하다고 사료된다.

(참 고 문 헌)

- [1] 杉光英後 "오존의基礎と應用", 光琳, 1996年
- [2] 米内伸一, "新版오존利用의新技術", 三瑒書房, pp.3 ~ 50, pp.152 ~ 153, 平成5年
- [3] 石井啓夫, "오존利用의新技術", 三瑒書房, pp.152 ~ 153, 昭和61年
- [4] 出口富雄, "오존を中心とした高度淨水處理技術", 三瑒書房, pp.32 ~ 43, pp.87 ~ 99, 1990
- [5] 宗宮功, "오존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
- [6] 이경식, "高度淨水處理工程에 關한 研究", 韓國水資源公私, 1991
- [7] 中山繁樹, "오존의 應用", 電學論D, 114卷 4號, pp.362 ~ 369, 平成6年
- [8] 増田 閃, "오존で魚を育てる", 114卷 10號, pp.649 ~ 653, 1994年
- [9] 岡崎幸子, "오존利用의新技術", 三瑒書房, pp.119 ~ 130, 昭和61年
- [10] 宗宮 功, "오존의 基礎技術", 電學論D, 114卷 4號, pp.353 ~ 356, 平成6年
- [11] 山部長兵衛, "오존의 發生技術", 電學論D, 114卷 4號, pp.357~361, 平成6年