

역극성 전압인가와 적층법을 이용한 판형오존발생기의 특성개선

論 文
50C-12-4

Characteristics Improvement of Plate-Type Ozonizer using Inverse-Polarity Voltage and Accumulative Method

李相根** · 朴容權** · 李東昱* · 全炳俊** · 宋炫直*** · 李廣植§

(Sang-Keun Lee · Yong-Kwun Park · Dong-Wook Lee · Byung-Joon Chun · Hyun-Jig Song · Kwang-Sik Lee)

Abstract - In this Paper, the ozonizer is fabricated by piling plate-type electrodes up to minimize and reduce install space. Hereby ozone generation characteristics of piled plate-type ozonizer were investigated. Inverse-polarity voltage was generated by H.V neon transformer. And 2 H.V neon transformers were used to supply high voltage each 9 electrodes of plate-type ozonizer. According to the experiments, ozone concentration, generation and yield were proportionally increased with increasing the number of electrode. And the maximum increase effects of 246%, 245%, and 33% were obtained when the number of electrode were increased from 3 up to 9.

Key Words : Ozone, Plate discharge type ozonizer (PDO), Ozone concentration(O_{3con})

1. 서 론

오존(O_3)은 3개의 산소원자중 제3의 원자는 결합이 약해 불안정하여 쉽게 분리되어 안정한 상태로 환원되려는 성질이 강한 활성산소로, 이 활성산소의 산화력이 염소보다 5.6배나 강하며 바이러스 살균의 경우 염소보다 25배 강한 살균력을 갖는다. 또한, 상온의 기체중에 존재하는 오존은 서서히 분해하여 산소로 환원하므로 2차오염을 유발하지 않는 장점을 갖는다. 오존발생 방법으로서는 무성방전법, 광화학법, 전해법, 고주파전계법, 방사선 조사법 등 물리적·화학적 방법이 사용되고 있지만, 그 중에서도 1857년 Werner Von Siemens가 개발한 무성방전형 오존발생기가 가장 널리 사용되고 있다.

무성방전형 오존발생기는 동축원통형, 평판형, 회전전극형 등 다양한 형태로 개발되어 오존생성농도와 수율 등의 향상을 위한 노력이 계속되고 있다.[1]~[7]

그러나 오존발생기에 따른 특성의 다양함과 전원장치와 같은 주변기기의 최적화에 많은 시간과 노력이 투입되는 등 제품의 상용화에 많은 어려움이 있는 실정이다.

따라서, 본 논문에서는 제작비가 저렴하고, 제작이 쉬

우며, 설치와 이동이 편리하며, 공간 이용의 효율성과, 오존발생기의 크기를 최소화할 수 있는 등 다양한 장점을 갖도록 평판형 전극을 적층시킨 적층 평판형 오존발생기를 제작하여 이 때의 오존생성농도, 발생량 및 수율을 측정하였다. 그 결과 평판전극의 개수증가에 따라 농도와 수율 등의 특성이 개선됨을 확인할 수 있었다.

2. 관련이론

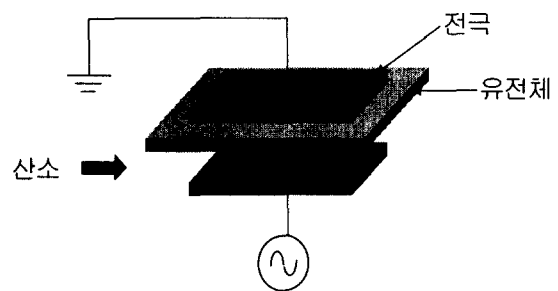


그림 1. 평판형 오존발생기의 기본 전극배치도

적층평판형 오존발생기의 기본 전극배치는 그림 1과 같이 무성방전의 기본구조를 기초로 하였다.

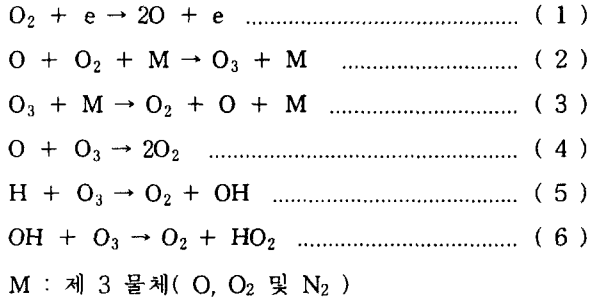
그림 1과 같이 1개 이상의 glass나 ceramic 등의 유전체를 삽입한 전극을 대향시켜 1~3[mm] 정도의 공극을 갖도록 설치한 후, 교류고전압을 인가하면서 산소를 포함

* 正 會 員 : 자원리사이클링 연구소 연구원
 ** 正 會 員 : 嶺南大 大學院 電氣工學科 博士課程
 *** 正 會 員 : 구미1대 전기과 교수
 § 正 會 員 : 嶺南大 電氣電子工學部 教授 · 工學博士
 接受日字 : 2001年 1月 31日
 最終完了 : 2001年 10月 30日

하고 있는 기체를 공급하면 기체방전에 의하여 원료가스 중에 포함된 산소의 일부가 방전에 의한 화학작용으로 오존을 생성하게 된다.

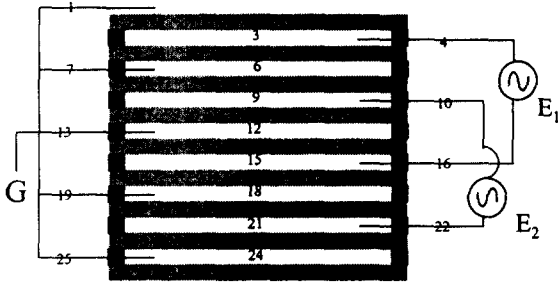
이때, 무성방전형 오존발생기의 공급가스가 산소인 경우, 주된 오존생성 및 분해 반응은 다음과 같다.[4]

식(1), (2)는 오존생성에 관여하는 식을 나타내고 있으며, 식(3), (4)는 오존의 분해에 관한반응식을 나타내고 있다. 또한, 식 (5), (6)은 오존의 반응중 수분의 활성중에 의한 오존의 분해를 나타내고 있다.



3. 실험장치 및 방법

3.1 실험장치



- 1,7,13,19,25 : 접지전극
- 2,5,8,11,15,17,20,23,26 : 유전체
- 3,6,9,12,15,18,21,24 : 방전공간
- 4,10,16,22 : 교류고전압

그림 2. 적층평판형 오존발생기(9전극)의 단면도

그림 2와 같이 적층평판형 오존발생기(Plate discharge type ozonizer: 이하 PDO)는 유전체(유리 200×300×2[mm])와 전극(Cu plate 160×220×0.1[mm])을 평행하게 배치한 구조로, 방전공간의 확대와 공간효율성 향상을 위해 동일한 형태의 상·하부로 구성되어 있으며 적층 가능한 구조이다. 본 연구에서는 2개의 외부전극, 1개의 중심전극과 2개의 유전체로 구성된 오존발생기를 기본으로 하여 이것을 적층화하여 전극의 수를 3, 5, 7, 9개로 구성되도록 하여, 이때의 오존생성특성을 연구검토하였다.

또한, 이때 사용한 유전체는 시중에서 쉽게 구할수 있는 유리제품으로 경제성을 고려하였고, 제작의 용이성도 고려하여 손쉽게 제작할 수 있는 구조를 갖도록 하였다.

그림 3은 무성방전을 이용한 PDO를 장착한 오존발생 장치의 배치도로 원료가스로는 공업용 산소를 사용하였으며, 각각의 전극의 간격(G : 1, 2, 3[mm])에 대해 유량(Q: 2, 4, 6, 8, 10[l/min])의 변화 및 PDO의 전력변화에 따른 오존생성특성을 검토하였고 그것을 3, 5, 7, 9개의 전극으로 적층화 함으로써 발생기내의 방전공간을 집적화 하여 최대의 방전면적을 최소의 체적을 갖도록 구성한 후, 각각의 오존생성특성을 연구하였다.

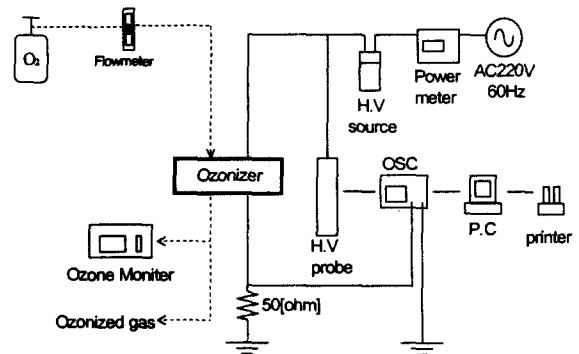


그림 3. 오존발생장치의 배치도

전원장치(H.V source)는 상용의 neon transformer (이하 NT, 입력전압 : AC 220[V], 입력전력 : AC 150[VA])에서 발생하는 교류전원을 사용하였으며, 이때 NT 양 출력단자에는 동일 크기의 교류고전압이 180°의 위상차로 형성되면서 PDO의 두 외부전극에 각각 인가된다. 상용의 neon transformer의 사용은 위상이 180°인 역극성의 교류고전압을 사용하여 방전지속시간을 길게 할 뿐 만 아니라 최대 피크전압의 상승으로 방전부의 전계를 향상시켜 산소분자의 여기와 전리를 돕는다. 또한, 시중제품의 사용으로 성능과 경제성을 동시에 만족시켜주는 장치이다.

이때, Q 및 G의 변화에 따른 방전개시전압(V_{do}), 방전개시전류(I_{do}) 및 방전파형과 Q에 따른 방전전압·전류를 고전압 분압기(분압비 = 2000 : 1), 분류기(분류비 = 10 : 1) 및 Digital Storage Oscilloscope(LeCroy 9350AL, 500MHz, 1Gs/s)로 측정한 후, 파형은 Personal Computer와 Printer 로 출력하였다.

방전전력은 digital power meter(0 ~ 500[V], 0 ~ 20[A], 0 ~ 9999[W], accuracy : ±0.2[%], Light Star社)를 이용하여 방전시의 전력, NT의 전력손실, 선로손실 등을 포함한 NT 입력단에서 오존발생장치 전체회로에 소모되는 전력을 측정하였다.

3.2 실험방법

PDO의 방전특성 및 오존생성특성과 원료가스온도의존성을 연구·검토하기 위하여 먼저 전원장치(NT)의 입력전압(V_1)을 변화시키면서 무부하시 NT의 출력전압(V_2)을 측정하였다. 그 결과, NT 양 출력단자에 동일 크기의 주파수(60[Hz]) 및 교류고전압이 180(°)의 위상차로 형성되었으며, 3전극 평판형 오존발생기의 V_1 이 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 및 220[V]일 때, 각각 3.63, 4.89, 6.25, 7.47, 8.69, 9.95, 11.15, 12.32, 13.57 및 14.86[kV]의 전압이 출력되었다.

PDO의 특성을 연구 검토하기 위해 원료가스의 유량(Q), V_2 및 T의 변화에 따른 방전개시전압(V_{do}), 방전개시전류(I_{do}) 및 방전파형을 디지털 스토리지 오실로스코프와 컴퓨터 및 프린터를 이용하여 출력하였으며, 갭 간격의 변화와 유량의 변화에 대해 방전전압(V_d), 방전전류(I_d)를 측정하였고, 전극을 3, 5, 7, 9로 적층화하여 각각의 오존생성특성과 방전특성을 측정하였다. V_d 에 대한 방전전력(W_d)은 digital power meter를 이용하여 측정하였다.

오존생성농도(O_{3con})를 측정하기 위하여 오존발생기 내에서 발생한 오존화가스를 매 실험마다 0.3[l/min]로 sampling 하여 자외선 흡수방식의 기상용 오존monitor(0 ~ 100,000[ppm], Okitronics 社, Japan)로 측정하여, Q, T 및 W_d 의 변화에 따른 오존생성농도(O_{3con}), 오존발생량(O_{3g}) 및 오존생성수율(O_{3Y}) 등을 측정 및 계산하였다.

이때, O_{3Y} 는 유량과 전력의 단위를 환산하여 식(7)에서 구할 수 있다.

$$O_{3Y}(g/kWh) = O_{3con}(g/m^3) \times \text{유량}(m^3/h) / \text{방전전력}(W_d) \quad \dots \dots (7)$$

또한, 매회 측정시 V_d , I_d , W_d 및 O_{3con} 을 각각 5회 측정하여 그 평균치를 채택하였으며, 오존발생기의 방전공간 내에 존재하는 불순물을 제거하고, 방전환경을 일정하게 하기위해 전압을 인가하지 않고 매 유량마다 Q를 일정하게 하여 3분정도 강제 배기시킨 후 측정을 하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 오존농도, 수율 특성

그림 4 ~ 그림 6은 전극 3개, 유전체 2개를 이용한 3전극 평판형 오존발생기로서 전극의 간격이 1[mm], 2[mm], 3[mm]일 때, 유량의 변화에 따른 전력-오존생성농도와 전력-오존수율의 변화를 나타낸 그래프이다.

그림과 같이 전력이 증가함에 따라 농도는 계속 증가하였으나, 수율은 증가하다가 다시 감소하는 경향을 보였다.

다. 이것은 입력전력의 80%이상이 전원장치의 손실과 오존발생부에서 열을 발생시켜 오존의 해리작용을 활성화시키고, 입력전력의 상승에 따른 방전부 내의 온도상승으로 오존발생농도상승의 저하와 수율의 감소를 가져온 것으로 생각된다.[8]

또한, 유량이 증가함에 따라 오존농도는 줄었으나, 오존생성수율이 상승하는 것을 볼 수 있었다.

이것은 동일한 면적의 방전관에서 유량의 증가는 유속을 증가시키기 때문에 유전체에 축적되어 있던 전자와 산소분자와의 접촉시간이 줄어들었기 때문에 오존농도는 감소하고, 오존의 생성에 기여할 수 있는 여기산소원자의 발생을 위한 전자와의 충돌확률이 유량의 증가와 함께 증가하고, 방전공간의 유속증가와 냉각효과상승으로 오존수율은 상승하였다.[8]

그 결과 최대 O_{3con} 는 갭이 1[mm], 2[mm], 3[mm], Q가 2[l/min]이고 W_d 가 42, 47, 62[W]일 때 각각 15.5, 18.6, 20.1[g/m³]을 얻을 수 있었고, 최대 O_{3Y} 는 Q가 10[l/min]이고 W_d 가 17, 25, 51[W]일 때 각각 71.63, 87.04, 73.66[g/kWh]을 얻을 수 있었다.

3전극 평판형 오존발생기의 오존 농도는 갭이 3[mm]에서 20.1[g/m³]로 가장 높은 결과를 얻을 수 있었지만, 수율은 갭이 2[mm]에서 87.04[g/kWh]로 가장 높았다. 이것은 갭이 커짐에 따라서 절연내력이 증가하여 전력상승에 따른 방전전류의 상승으로 오존농도는 높았으나, 전력의 상승에 비해 오존농도의 증가가 줄어들었기 때문에 오존수율은 2[mm]일 때가 가장 높았다.

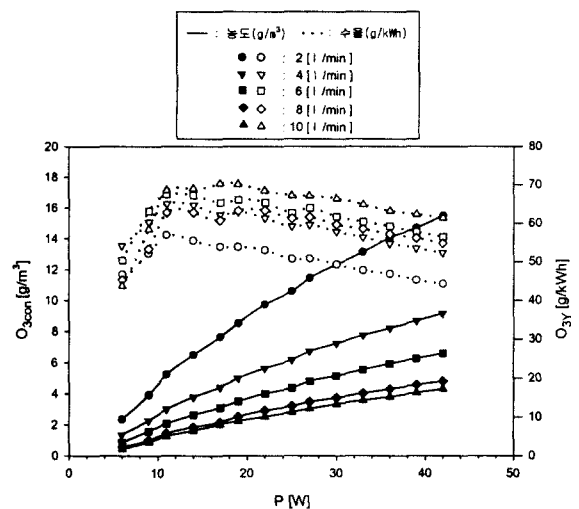


그림 4. Gap = 1[mm]일 때, 3전극 평판형 오존발생기의 유량변화에 따른 전력-오존농도, 오존수율 특성

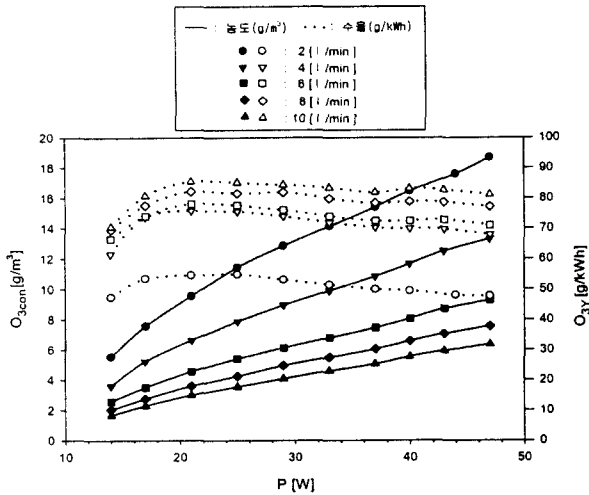


그림 5. Gap = 2[mm]일 때, 3전극 평판형 오존 발생기의 유량의 변화에 따른 전력-오존농도, 오존수율 특성

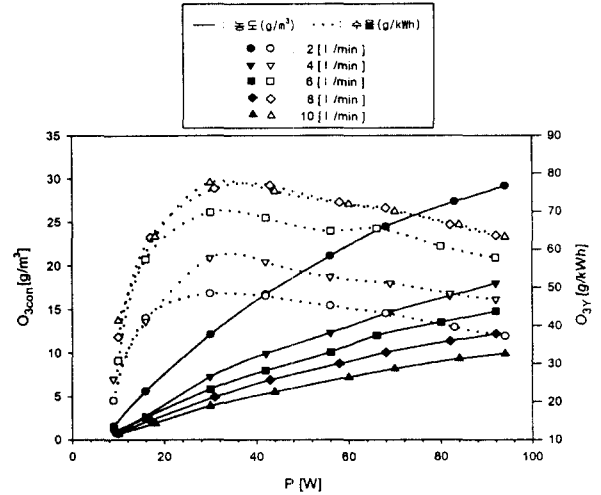


그림 7. Gap = 1[mm]일 때, 5전극 평판형 오존 발생기의 유량의 변화에 따른 전력-오존농도, 오존수율 특성

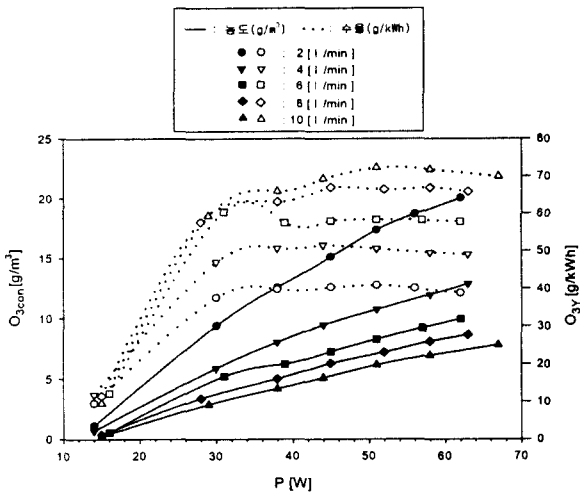


그림 6. Gap = 3[mm]일 때, 3전극 평판형 오존 발생기의 유량의 변화에 따른 전력-오존농도, 오존수율 특성

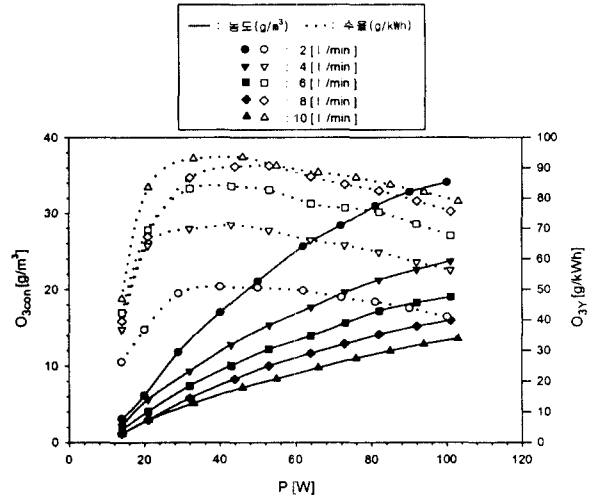


그림 8. Gap = 2[mm]일 때, 5전극 평판형 오존 발생기의 유량의 변화에 따른 전력-오존농도, 오존수율 특성

그림 7, 그림 8, 그림 9는 Q를 매개변수로 한 경우, 전극을 5개 사용한 5전극 평판형 오존발생기의 갭의 변화 (1[mm], 2[mm], 3[mm])에 따른 오존생성농도(O_{3con}) 및 오존수율(O_{3Y})의 특성을 나타내었다.

그 결과, 최대 O_{3con} 는 갭이 1[mm], 2[mm], 3[mm], Q가 2[l/min]이고 W_d 가 94, 100, 130(W)일 때 각각 29.2, 34.1, 38.1[g/m³]을 얻을 수 있었고, 최대 O_{3Y} 는 Q가 10[l/min]이고 W_d 가 30, 55, 67(W)일 때 각각 79.03, 97.58, 84.49[g/kWh]을 얻을 수 있었다.

3전극 평판형 오존발생기와 동일한 경향의 결과를 얻을 수 있었고, 3전극 평판형 오존발생기와 비교하면 오존농도는 갭에 관계없이 약 2배정도 상승하였고, 수율도 증가하고 있는 경향을 나타내고 있다. 이는 방전면적이 두 배로 증가하였고, 적층화에 따른 산소의 활성화가 증가되었기 때문이다.

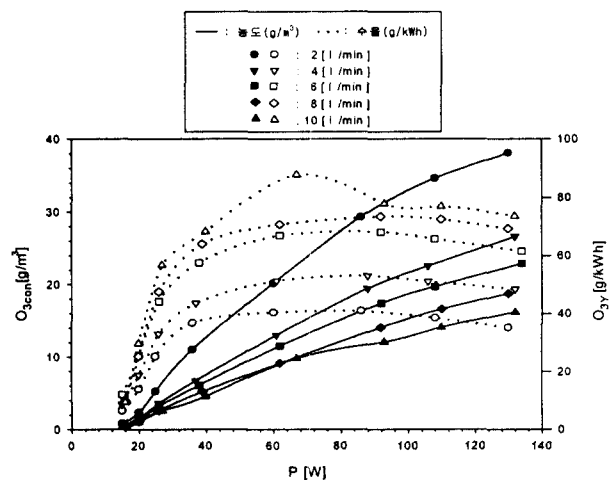


그림 9. Gap = 3[mm]일 때, 5전극 평판형 오존 발생기의 유량의 변화에 따른 전력-오존농도, 오존수율 특성

그림 10, 그림 11은 7전극 평판형 오존발생기의 오존농도특성에서 갭의 변화를 2[mm]와 3[mm]로 변화시켜 오존생성농도 및 오존수율의 특성을 나타내었다.

앞에서의 3전극, 5전극 평판형 오존발생장치의 오존생성특성에서 알 수 있는 것과 같이 갭의 변화에서 갭이 1[mm]일때가 갭이 2[mm]와 3[mm]에 비해 오존생성농도와 오존수율이 낮은 결과가 나왔으므로 7전극에서는 생략하였다.

그 결과, 최대 O_{3con} 는 갭이 2[mm], 3[mm], Q_d 가 2(l/min)이고 W_d 가 195, 130[W]일 때 각각 50.9, 42.5(g/m^3)을 얻을 수 있었고, 최대 O_{3Y} 는 Q_d 가 10(l/min)이고 W_d 가 51, 69[W]일 때 각각 107.66, 90.73(g/kWh)을 얻을 수 있었다.

그림에서 알 수 있듯이 3전극 평판형 오존발생기, 5전극 오존발생기와 동일한 경향의 오존생성특성을 나타내고 있다. 그러나 오존농도와 오존수율이 전극의 간격이 2[mm]에서 가장 높았다. 이는 전극의 간격이 커지면 전력의 상승으로 인한 열손실이 커졌고 전극을 적층화하므로써 이를 외부로 방출하기 어렵기 때문으로 생각된다.

오존농도는 3전극 평판형 오존발생기와 비교하면 약 3배정도인 50.9(g/m^3), 오존수율은 107.66(g/kWh)로서 5전극 평판형과 비교하면 상승된 결과이다.

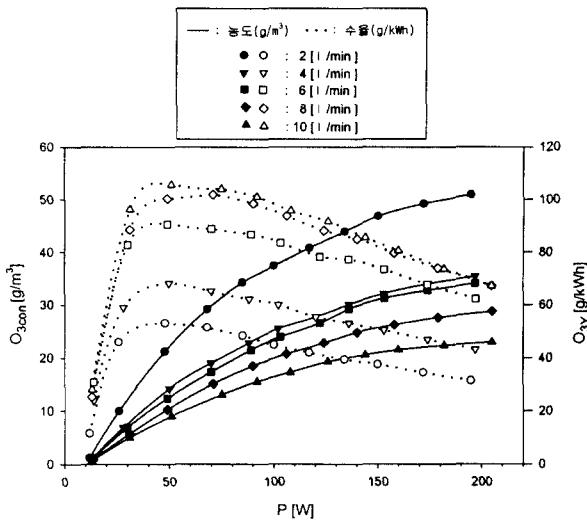


그림 10. Gap = 2[mm]일 때, 7전극 평판형 오존 발생기의 유량의 변화에 따른 전력-오존농도, 오존수율 특성

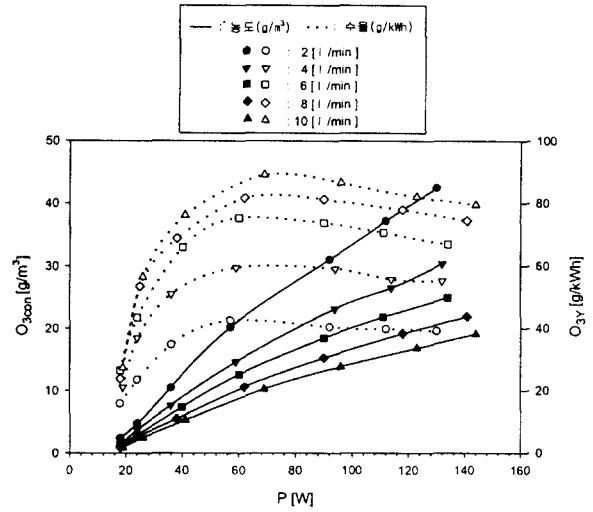


그림 11. Gap = 3[mm]일 때, 7전극 평판형 오존 발생기의 유량의 변화에 따른 전력-오존농도, 오존수율 특성

그림 12는 전극의 간격이 2[mm]이고 전극을 9개, 유전체를 8개 사용한 9전극 평판형 오존발생장치의 오존생성특성을 나타내고 있다.

앞에서의 3, 5, 7전극 평판형 오존발생기와 동일한 경향의 오존생성특성을 나타내고 있으며, 오존 농도는 3전극 평판형 오존발생장치와 비교하면 약 4배정도인 64.3(g/m^3), 오존수율도 115.66(g/kWh)로 가장 높았다.

즉, 3, 5, 7 전극의 방전공간의 수(2, 4, 6)와 비교하여 농도가 비례적으로 증가함을 알 수 있었으며, 수율도 비슷한 경향으로 증가하였다.

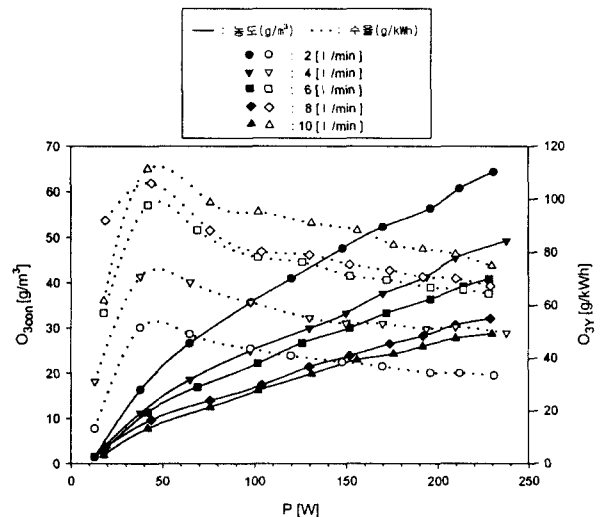


그림 12. Gap = 2[mm]일 때, 9전극 평판형 오존 발생기의 유량의 변화에 따른 전력-오존농도, 오존수율 특성

4.2 오존발생량 특성

그림 13과 그림 14는 전극의 간격이 2[mm]인 오존발생기에 유량을 각각 2[ℓ/min], 10[ℓ/min]으로 공급하면서, 전극의 개수를 변화시킴에 따른 오존발생량 특성을 나타낸 그래프이다.

그림에서 알 수 있듯이 전극의 개수가 점차 늘어남에 따라서 오존방전공간이 비례적으로 증가하게 되어, 공급할 수 있는 전력의 량의 증가와 함께 오존발생량이 증가하고 있다.

즉, 오존농도의 증가 비율과 동일하게 오존발생량 역시 방전공간의 변화에 따라 증가하므로 평판형 오존발생기의 방전전극의 수만 늘려 적층화함에 따라 비례적으로 오존발생량의 증가효과를 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

또한, 방전층이 적층화 될수록 방전전극의 중심부의 발열량이 증가하여 오존의 발생량이 감소할것으로 예상되었으나, 예상과 달리 별다른 영향을 받지 않았다. 이것은 전극의 적층에 따른 오존발생량의 상승효과도 있을 것으로 기대된다.

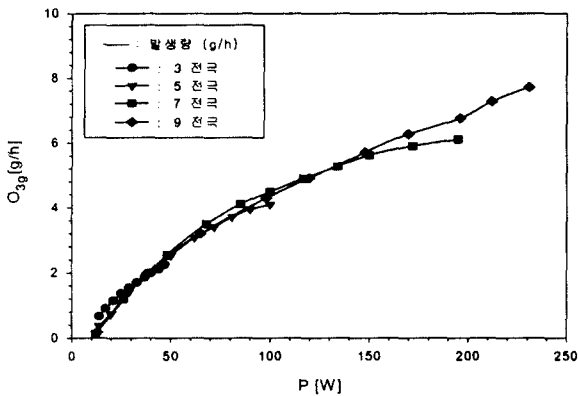


그림 13. 유량 2 [ℓ/min], Gap = 2[mm]인 오존발생기의 전극수 변화에 따른 전력-오존발생량 특성

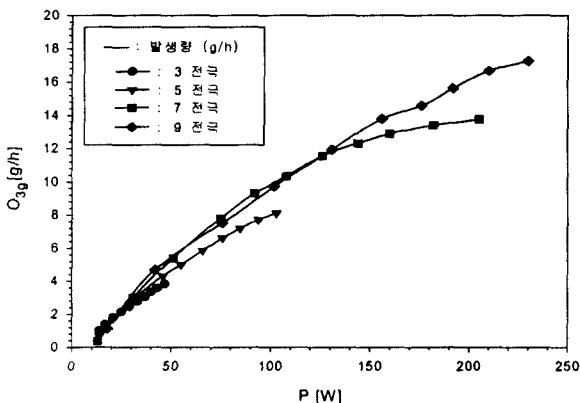
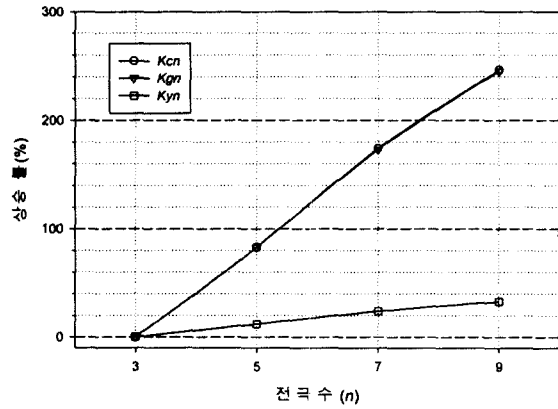


그림 14. 유량 10 [ℓ/min], Gap = 2[mm]인 오존발생기의 전극수 변화에 따른 전력-오존발생량 특성

4.3 전극수에 따른 상승률특성

그림 15는 전극수의 증가에 따른 오존농도, 오존발생량, 및 오존수율의 상승률특성을 나타낸 그래프이다.



$$K_{cn} = \frac{O_{3c}(n) - O_{3c}(3)}{O_{3c}(3)} \times 100$$

$$K_{gn} = \frac{O_{3g}(n) - O_{3g}(3)}{O_{3g}(3)} \times 100$$

$$K_{yn} = \frac{O_{3y}(n) - O_{3y}(3)}{O_{3y}(3)} \times 100$$

K_{cn} : n 개의 전극에서의 오존농도상승률

K_{gn} : n 개의 전극에서의 오존발생량상승률

K_{yn} : n 개의 전극에서의 오존수율상승률

$O_{3c}(n)$: n 개의 전극에서의 오존농도

$O_{3g}(n)$: n 개의 전극에서의 오존발생량

$O_{3y}(n)$: n 개의 전극에서의 오존수율

그림 15. 전극수 - 상승률특성

그림 15와 같이 전극의 개수가 증가함에 따라 오존이 발생하는 발생공간의 증가와 함께 오존발생특성도 향상됨을 알 수 있다.

오존농도와 발생량은 전극의 개수가 5, 7, 9개로 증가함에 따라 3개일 때보다 각각 83, 174, 246[%]의 상승효과를 얻을 수 있었으며, 오존수율 또한 각각 12, 24, 33[%]의 상승효과를 얻을 수 있었다.

오존농도상승률(K_{cn})과 오존발생량상승률(K_{gn})은 전극의 개수가 3개에서 5, 7, 9개로 증가함에 따라 방전면적이 2, 3, 4 배로 증가되어 입력전력이 증가하였으며, 동일 유량의 원료가스가 더 큰 방전공간에 흐르게 되므로, 오랜시간 체류하게되어 오존농도와 발생량의 상승효과가 커진 결과로 사료된다.

또한, 그림 2와 같이 각각의 전극에 역극성의 전압이 인가되므로 방전지속시간이 길어지며 상대전압은 트리거 효과를 서로 유지하게 되므로 방전이 활성화되기 때문이

다.

또한 오존수율의 상승률(K_m)은 위에서 기술한 바와 같이 역극성의 전압이 인가되므로 상호전압은 서로 트리거역할을 하게 되므로 방전의 활성화를 가져와 전극수의 증가에 따라 꾸준히 상승하는 결과를 얻었다.

이상과 같이 PDO의 전극의 개수를 증가시킴에 따라 오존생성 특성이 선형적으로 향상되므로 대용량의 오존발생기의 제작시에도 전극의 개수와 전원장치의 용량증대만으로도 적용 가능함을 알 수 있다.

그러나 본 연구에서는 실험실 환경의 제약으로 9전극 이상의 개수는 실험할 수 없었다. 추후 전극의 개수증가에 의한 실험이 보완되어야 할 것으로 생각된다.

5. 결 론

오존발생기의 소형화와 공간절약형을 위한 기본구조로 적층 평판식 오존발생기를 제안하고, 평판형 오존발생기를 제작하여, 방전갭의 변화와 전극을 적층수의 변화에 따른 오존생성특성을 검토하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 입력전력이 증가함에 따라 농도는 계속 증가하였으나, 수율은 증가하다가 다시 감소하는 경향을 보였다
- (2) 전극의 간격과 적층화에 관계없이 유량이 증가함에 따라 오존생성수율이 상승하였다.
- (3) 전극의 간격이 넓어짐에 따라 방전전압이 상승하여 수율의 최고점도 상승됨을 볼 수 있었다.
- (4) 적층화에 따라 전극수가 증가함에 따라 오존농도, 발생량 및 수율이 거의 비례적으로 상승하여, 3전극에서 9전극으로 전극의 개수가 증가함에 따라 각각 최대 246%, 245% 및 33%의 상승효과를 얻을 수 있었다.

- (5) 오존발생기의 전극개수를 증가시킴에 따라 오존생성 특성이 선형적으로 향상되므로, 대용량의 오존발생기의 제작시에도 전극의 개수와 전원장치의 용량증대만으로도 적용 가능함을 알 수 있다.

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] Sang-Keun Lee, Hyun-Jig Song, Byung-Joon Chun, “The Characteristics of Ozone Generation in Superposed Discharge type Ozonizer”, Proceedings of 1998 Korea- Japan joint symposium on ED and HVE, pp.99~102, 1998
- [3] James A. Robinson, “A New Type of Ozone Generator Using Taylor Cones on Water Surfaces”, IEEE Transactions on Industry Application, Vol. 34, No. 6, 1998.
- [4] 田畑則一, “放電によるオゾン發生法に關する考察”, T. IEE Japan, Vol.117-A, No.12, pp.1200 ~ 1206, 1997
- [5] 服部 仁, “オゾン生成にける放電の重疊効果”, T.IEE Japan, Vol.112-A, No.1, pp.41 ~ 46, 1992
- [6] Vincenzo Gagliardo “Discharges in Very-short Air Gaps in Plane-parallel Electrodes and under ac Voltage”, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol.1, No.6, December 1994
- [7] B.Eliasson, “Ozone science and engineering”, Vol.13, pp.365 ~ 373, 1991
- [8] Moo Been Chang, “Experimental Study on Ozone Synthesis via Dielectric Barrier Discharges”, ozone science and engineering, Vol. 19, pp.241~254, 1997

저 자 소 개



이 상 근 (李 相 根)

1971년 1월 19일 생. 1996년 계명대 물리학과 졸업. 1998년 영남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 박사과정
Tel : 053-810-1517
E-mail : skeun2@yahoo.co.kr



전 병 준 (全 炳 俊)

1970년 10월 5일 생. 1996년 영남대 공대 전기공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 박사과정
Tel : 053-810-1517
E-mail : bjchun@orgio.net



박 용 권 (朴 容 權)

1953년 3월 22일 생. 1996년 영남대 환경대학원 환경설계학과 졸업. 현재, 대구광역시 청 상수도본부 근무.
Tel : 053-810-1517



송 현 직 (宋 炫 直)

1968년 7월 30일 생. 1991년 영남대 공대 전기공학과 졸업. 1993년 영남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1997년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 현재 구미1대 전기과 교수
Tel : 053-810-1517
E-mail : song3288@chunma.yeungnam.ac.kr



이 동 욱 (李 東 昱)

1975년 3월 16일 생. 1999년 영남대 공대 전기공학과 졸업. 2001년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재, 자원리사이클링 연구소 연구원.
Tel : 053-810-1517
E-mail : partan@daum.net



이 광 식 (李 廣 植)

1948년 10월 20일 생. 1971년 영남대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 1988~1989년 Nagoya Institute of Technology 초빙교수. 1998 ~ 1999 당학회 방전고전압 연구회 간사장 역임. 현재 영남대 전기전자공학부 교수
Tel : 053-810-2486
E-mail : kslee@yu.ac.kr