

무성방전형 오존발생기의 전극면적 변화에 따른 오존생성특성

이상근\*, 전병준\*, 박용권\*, 이광식\*, 송현직\*\*, 이동현\*\*, 김영훈\*\*\*, 김금영\*\*\*  
 \*영남대학교, \*\*구미1대학, \*\*\*포항1대학

Ozone Generation Characteristics of Silent Discharge Type Ozonizer with Varying Discharge Area

S.K. Lee\*, B.J. Chun\*, Y.K. Park\*, K.S. Lee\*, H.J. Song\*\*, D.H. Lee\*\*, Y.H. Kim\*\*\*, G.Y. Kim\*\*\*  
 \*Yeungnam Univ., \*\*Kumi 1College, \*\*\*Pohang 1College

**Abstract** - 무성방전을 이용한 오존발생기에서 오존생성에 영향을 미치는 인자로는 원료가스의 온도, 습도, 유량, 방전전극의 재질과 형태, 전원의 형태 등 다양하다. 본 연구에서는 전극의 면적변화에 의한 오존생성특성을 살펴보았다. 그 결과, 방전전극의 면적이 넓어짐에 따라 더 많은 전력의 인가가 가능하여 대용량의 오존발생기의 제작이 가능하며, 또한, 동일한 전력을 인가하는 경우에도 전극면적의 증대가 오존발생특성의 향상을 가져옴을 알 수 있었다.

로 : 300(mm))를 사용하였고, 전극은 유전체에 밀착이 가능한 동태이프(두께 : 0.1(mm), 가로 : 160(mm), 세로 : 220(mm), 순도 :97(%))를 사용하였다.

또한, 전극의 적층을 용이하게 하기위해 각각의 전극은 동일한 형태로 제작되었으며, 방전면적의 변화를 위해 전극을 3, 5, 7, 9개로 증가시키면서 오존생성특성과 방전특성을 조사하였다.

전극에 인가되는 전원은 두 외부전극에 고전압을 인가하고 중심전극을 접지하여 무성방전이 발생되도록 설계·제작되었다.

1. 서 론

오존을 발생시키는 방법으로서는 무성방전법, 광화학법, 전해법, 고주파전계법, 방사선조사법 및 자외선조사법 등의 물리적·화학적 방법이 있으나 그 중 무성방전법이 대용량 오존발생에 적합하여 산업용으로 가장 널리 사용되고 있다.

그러나, 오존발생기의 오존생성수율은 열화학반응식을 고려한 이론치(1,200[g/kWh])에 비해 대단히 낮아 효율증대에 관한 연구가 필수적이다.

오존발생기에서 오존생성에 관여하는 방전부의 인자가 오존생성에 미치는 영향은 매우 크다고 할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 오존생성에 미치는 방전부의 인자중 오존생성시 방전전극의 면적변화에 따른 오존생성특성을 살펴보고 전극의 면적이 오존생성에 미치는 영향에 대해 살펴보았다.

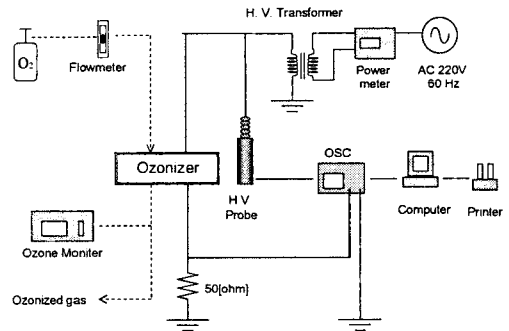


그림 2. 실험장치의 구성도

Fig. 2. A schematic diagram of experimental setup

2. 본 론

2.1 실험장치

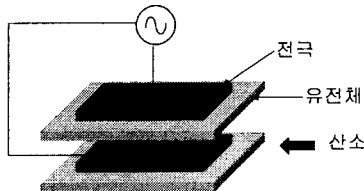


그림 1. 평판형 오존발생전극  
 Fig. 1. Plate type electrode

본 연구에서 사용된 평판형 오존발생장치(PTO)는 유전체로써 유리(두께 : 2[mm], 가로 : 200[mm], 세

본 실험에 사용된 실험장치의 구성도를 그림 2에 나타내었다.

그림 2는 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 원료가스 공급장치 및 계측장치들을 흐르는 오존화 가스의 흐름을 나타낸 것이다.

그림에서 보는 바와 같이 원료가스로는 주변환경의 변화에 따른 영향을 작게 받아 관련인자의 영향에 대한 비교가 용이한 산소(O<sub>2</sub>)를 주로 사용하였으며, flowmeter(0 ~ 25[l/min], Chiyoda seiki Co., Ltd., Japan)를 통해 일정유량(Q)으로 오존발생기

에 공급하였다.

방전시에 측정된 방전전압 ( $V_d$ ) 및 전류 ( $I_d$ )는 고전압 분압기(분압비 = 2000 : 1), 분류기(분류비 = 10 : 1) 및 Digital Storage Oscilloscope(LeCroy 9350AL, 500 MHz, 1 GHz/s)로 측정한 후, 파형은 Personal Computer와 Printer로 출력하였다.

방전전력 ( $W_d$ )은 digital power meter(0 ~ 500[V], 0 ~ 20[A], 0 ~ 9999[W], accuracy :  $\pm 0.2\%$ , Light Star Co., Ltd.)를 이용하여 방전시의 전력, 전원장치의 전력손실, 선로손실 등을 포함한 전원 입력단에서 오존발생장치 전체회로에 소모되는 전력을 측정하였다.

또한, 전원장치로는 네온트랜스(이하 NT)를 사용하였다.

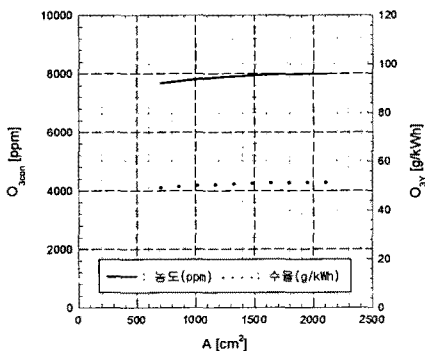
원료가스의 유량 ( $Q$ ) 및  $V_2$ 의 변화에 따른 방전개시전압 ( $V_{d0}$ ), 방전개시전류 ( $I_{d0}$ ) 및 방전파형을 디지털 스토리지 오실로스코프와 컴퓨터 및 프린터를 이용하여 출력하였으며,  $V_d$ 에 대한 방전전력 ( $W_d$ )은 digital power meter를 이용하여 측정하였다.

오존생성농도 ( $O_{3con}$ )를 측정하기 위하여 오존발생기 내에서 발생한 오존화가스를 매실험마다 0.3 [ $\ell$ /min]로 sampling 하여 자외선 흡수방식의 기상용 오존 monitor(0 ~ 100,000[ppm], Okitronics Co., Ltd., 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.

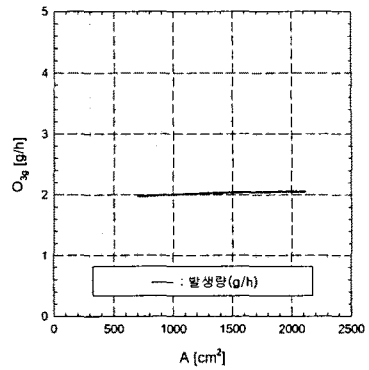
매회 측정시  $V_d$ ,  $I_d$ ,  $W_d$  및  $O_{3con}$ 을 각각 5회 측정하여 그 평균치를 채택하였으며, 중첩방전형 오존발생기의 방전 공간 내에 존재하는 불순물을 제거하고, 방전환경을 일정하게 하기위해 전압을 인가하지 않고 매 유량마다  $Q$ 를 일정하게 하여 3분정도 강제 배기시킨 후 측정을 하였다.

## 2.2 실험결과

그림 3, 그림 4, 그림 5는 평판형 전극에서 동일한 입력전력 40(W), 유량이 각각 2, 6 및 10 [ $\ell$ /min]일 때, 전극의 갯수를 변화시켜 방전면적을 704, 1408 및 2112( $cm^2$ )로 변화시킴에 따른 오존농도, 오존수율 및 오존발생량 특성을 나타낸 것이다.



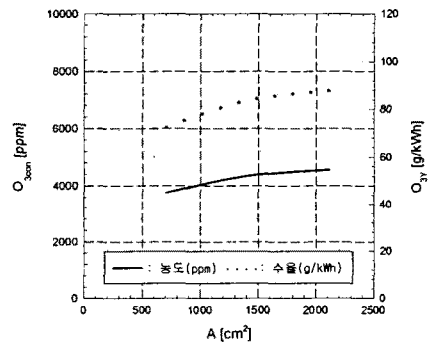
(a) 오존농도 및 수율 특성



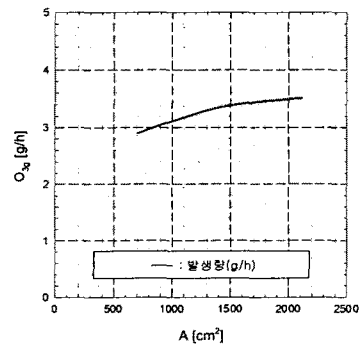
(b) 오존발생량 특성

그림 3. 방전면적변화에 따른 오존생성특성 ( $W_d$  : 40(W),  $Q$  : 2 [ $\ell$ /min])

Fig. 3. Ozone generation characteristics with discharge area( $W_d$  : 40(W),  $Q$  : 2 [ $\ell$ /min])



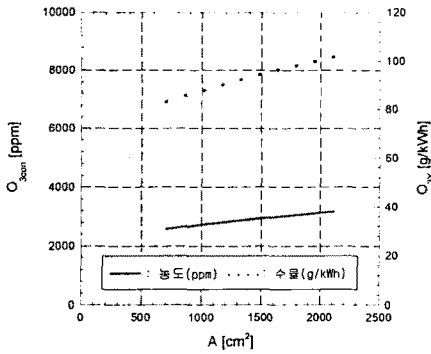
(a) 오존농도 및 수율 특성



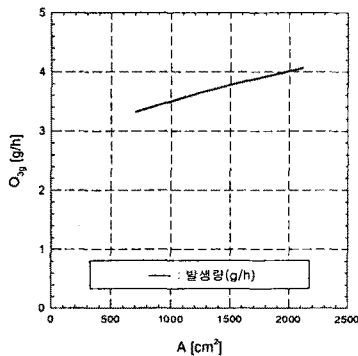
(b) 오존발생량 특성

그림 4. 방전면적변화에 따른 오존생성특성 ( $W_d$  : 40(W),  $Q$  : 6 [ $\ell$ /min])

Fig. 4. Ozone generation characteristics with discharge area( $W_d$  : 40(W),  $Q$  : 6 [ $\ell$ /min])



(a) 오존농도 및 수율 특성



(b) 오존발생량 특성

그림 5. 방전면적변화에 따른 오존생성특성  
(Wd : 40[W], Q : 10[ℓ/min])

Fig. 5. Ozone generation characteristics with discharge area(Wd : 40[W], Q : 10[ℓ/min])

그림과 같이 동일한 조건에서 방전면적을 변화시킬 때, 방전면적이 증가할수록 오존생성특성은 미세하게 향상되는 것을 알 수 있다.

이것은 방전면적의 증가로 원료가스가 방전공간에 체류하는 시간이 면적에 비례하여 증가하고, 동일전력을 났은 면적에 공급함으로 인한 방전공간의 열 발생이 줄어 열분해에 의한 오존의 분해반응이 억제된 결과로 생각된다.

또한, 방전부에 인가되는 전계의 약화에 따른 오존생성량의 감소분보다 방전체류시간의 증가에 따른 오존생성량의 증가가 더 큰 결과로 생각된다.

그림 6은 전극수의 증가에 따른 최대 오존생성특성이 나타나는 최저전력 공급시 오존농도, 오존발생량, 및 오존수율의 상승률특성을 나타낸 것이다.

그림 6과 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, 각각의 전극에 역극성의 전압이 인가되므로 방전지속시간이 길어지며 상대전압은 트리거효과를 서로 유지하게 되므로 방전이 활성화된다.

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

그림에서 오존농도상승률( $K_{cn}$ )과 오존발생량상승률( $K_{gn}$ ) 및 오존수율의 상승률( $K_{yn}$ )은 다음식에 의해 구해진다.

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

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

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

$K_{cn}$ : 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

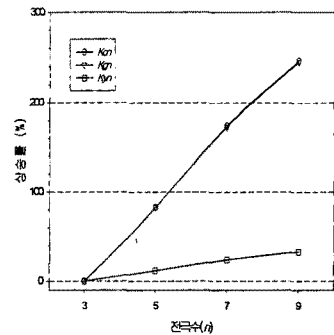


그림 4-18. 전극수 - 상승률특성

Fig. 4-18. The number of Electrode - increase ratio characteristics

### 3. 결 론

오존생성에 미치는 방전부의 인자중 오존생성시 방전전극의 면적변화에 따른 오존생성특성을 살펴보고 전극의 면적이 오존생성에 미치는 영향에 대해 살펴본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 동일한 입력전력, 유량에서 전극의 갯수를 변화시켜 방전면적을 704, 1408 및 2112(cm<sup>2</sup>)로 변화시킬 때 따른 오존농도, 오존수율 및 오존발생량 특성을 살펴본 결과 동일한 조건에서 방전면적을 변화시킬 때, 방전면적이 증가할수록 오존생성특성은 미세하게 향상되는 것을 알 수 있다.

이것은 방전면적의 증가로 원료가스가 방전공간에 체류하는 시간이 면적에 비례하여 증가하고, 동일전력을 넓은 면적에 공급함으로 인한 방전공간의 열 발생이 줄어 열분해에 의한 오존의 분해반응이 억제된 결과로 생각된다.

2. 전극수의 증가에 따른 최대 오존생성특성이 나타나는 최적전력 공급시 오존농도, 오존발생량, 및 오존수율의 상승률특성을 나타낸 것이다.

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.

이상과 같이 방전면적의 증가가 전력증가와 오존생성특성을 향상시킬 뿐만 아니라, 동일한 전력하에서도 오존생성특성의 향상을 가져올수 있음을 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] 이상근, "동축형 전극길이 변화시의 연면무성방전에 의한 오존발생특성(1)", 대한전기학회 논문지, 제48권 제12호, pp.791 ~ 797, 1999, 12.
- [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] 吐合一德, "三重放電方式を用いた大氣壓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