고주파 전원인가에 의한 무성방전 특성에 관한 연구

이상근△*, 이동욱△, 전병준△, 송현직△, 이광식△, 권혁한▽
△영남대학교, ▽(주)한국필립

The characteristics of Silent discharge using RF power source

Sang-Keun Lee△*, Dong-Wook Lee△, Byung-Joon Chun△
Hyun-Jig Song△, Kwang-Sik Lee△, Hyuk-Han Kwon▽
University of Yeungnam△, Korea Philip Co.▽

Abstract - The characteristics of ozone generation were investigated in accordance with varying the diameter of internal electrode in an ozonizer using RF power source.

The characteristics of ozone generation were improved with the diameter of internal electrode increased, but thermal loss was increased.

Therefore, it was found that it is inevitable that the cooler has to be installed in an ozonizer which uses RF power source.

1. 서 론

고도의 경제성장과 산업사회의 발달로 대기 및 수질오염 등의 환경오염이 날로 증가되어 가고 있으며, 세계각국에서는 환경오염물질의 제거를 위해 전기적 기체방전에 의한 오존발생으로부터 생성되는 오존의 강력한 산화력을 이용하려는 연구가 활발히 진행되고 있다.

그러나, 주로 사용되는 무성방전에 의한 오존발생기는 오존생성수율이 대단히 낮기 때문에 방전 및 오존생성특성에 영향을 미치는 원료가스의 종류, 온도, 습도 등의 제인자와 오존발생기의 재질, 구조, 방전면적, 방전공간밀도 등에 관한 연구가 필연적이다.

무성방전을 이용한 오존발생기에서는 상용주파수나 중주파수의 전원을 사용하는 것이 일반적이며, 고주파영역으로의 변화는 많은 열을 발생시켜, 실효성과 경제성이 문제시 되고 있다.

그러나, 효율적인 냉각이 고려된 상황하에서는 소형으로 고농도의 오존을 발생시킬 수가 있는 장점을 갖는다.

오존생성특성의 향상과 오존발생기의 내구성향상을 위해 냉각은 필수적이라 할 수 있으며, 냉각을 위해, 공냉식에 의한 원료가스의 냉각과 전극의 냉각, 수냉식에 의한 전극의 냉각 등 다양한 방법들이 검토되고 있다.

본 연구에서는 동축원통형 오존발생기에 고주파전원을 사용한 경우, 오존생성특성과 무성방전의 특성을 살펴보고, 오존발생기에서 발생하는 열에 의한 오존생성특성과 무성방전특성 변화를 검토해 보았다.

2. 실험장치

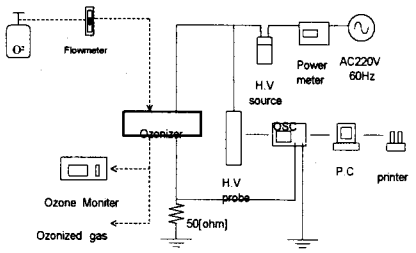


그림1. 오존실험장치의 개략도

그림1과 같이 산소원료가스 공급부와 전력 측정부, 오존농도 측정부, 전원부, 오존발생부 등으로 이루어진 오존발생장치에서 고주파전원 인가시 오존발생기의 중심전극의 직경을 변화시킬 때, 오존발생기의 방전특성과 오존생성특성을 측정하였다.

실험에서 사용한 전원장치는 인버터와 트랜스로 구성된 고주파 전원장치(출력전압 2200[V], 출력주파수 10 ~ 55 [kHz])를 사용하였다.

또한, 오존발생기는 그림2와 같은 동축 원통형 구조를 사용하였으며, 내부전극은 각각 다른 직경(2.4, 3.0, 4.0, 5.0 [mm])의 SUS봉을 사용하였으며, 외부전극은 Cu 관을 사용하여 유전체(석영유리 : 내경 6[mm], 외경 10[mm])에 밀착하여 사용하였다.

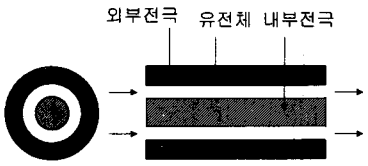
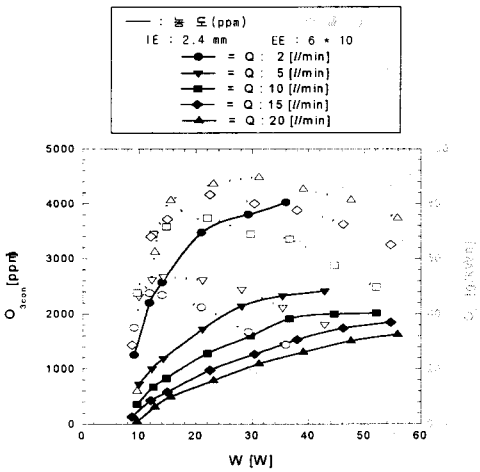


그림2. 동축 원통형 오존발생전극

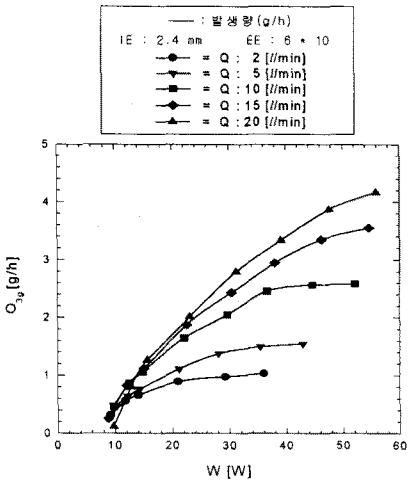
3. 실험결과

그림 7은 내부전극의 직경이 2.4[mm]인 경우의 오존생성농도, 수율 및 발생량을 나타낸 그래프이다.

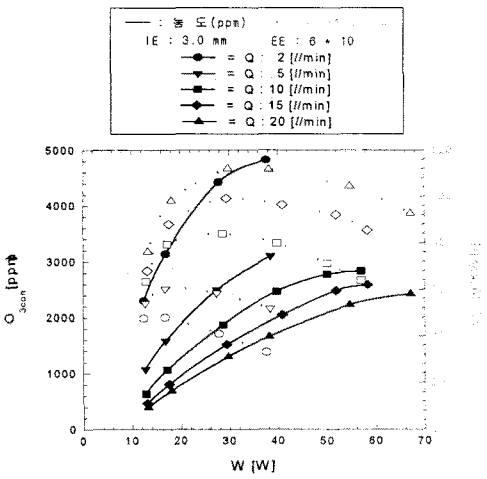
이 때, 고주파 전원의 주파수는 33[kHz]로 고정시켰다.



(a) 오존농도, 수율특성



(b) 발생량 특성



(a) 오존농도, 수율특성

그림 7. 내부전극(IE) = 2.4[mm]인 경우(33kHz)

그림(a)에서와 같이 원료가스의 유량이 늘어남에 따라 오존발생농도는 감소하고, 수율은 증가하는 경향을 보인다. 이것은 동일 공간내에 점차 많은 양의 원료가스가 공급됨에 따라서 발생된 오존의 농도가 희석되어 농도는 점차 감소하게 된다.

원료가스의 유량증가에 따른 오존수율의 증가는 동일 공간내에서 발생된 오존이 생성과 분해를 반복하는 과정에서 점차 포화치에 가까워지는 낮은 유량보다 많은 원료가스를 공급하여 오존농도의 포화치에 이르기 전에 계속 생성을 반복한 결과, 높은 유량에서 향상된 수율을 얻을 수 있었다.

또한, 유량의 증가와 함께 방전공간내의 온도상승을 방지하여 입력전력의 증가에 따라 계속적인 증가를 보였으며, 낮은 유량에서는 입력전력이 증가함에 따라 방전공간내에 방전과 함께 수반되는 열이 축적되어 더 이상 농도와 수율의 상승효과를 얻을 수 없었다.

그 예로 그래프에서 2[ℓ/min]에서는 입력전력이 30[W]를 넘어서면서 전극과 방전공간의 온도상승으로 발생농도가 급격히 감소되어 더 이상의 측정이 곤란하게 되었다. 하지만 유량의 증가와 함께 측정가능지점이 점차 높은 전력치로 이동하는 것을 볼 수 있었다.

그림(b)는 이때의 오존발생량 특성을 나타낸 그래프로 입력전력의 증가와 함께 계속적인 상승을 나타내었으며, 유량이 많이 공급될 때 향상된 특성을 나타내었다.

이는 전력이 증가함에 따라서 농도가 증가하게되어 발생량이 증가하지만, 낮은 유량에서는 축적된 열로인한 손실이 증가되어 전력의 증가에도 상승률이 둔화되는 것으로 생각된다.

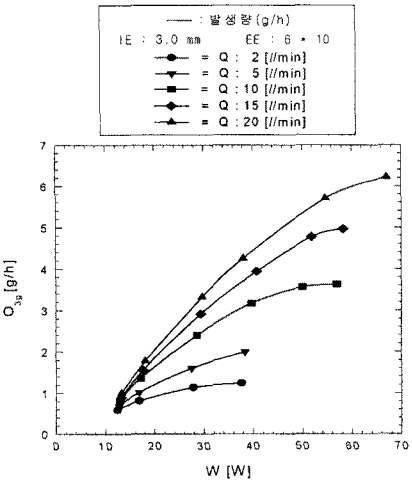
그림 8은 내부전극의 직경이 3.0[mm]인 경우의 오존생성농도, 수율 및 발생량을 나타낸 그래프이다.

이 때, 고주파 전원의 주파수는 28[kHz]로 고정시켰다.

그림에서와 같이 오존의 농도와 발생량은 전력의 증가와 함께 상승하며, 수율은 상승후 다시 감소하는 동일한 경향을 보였다.

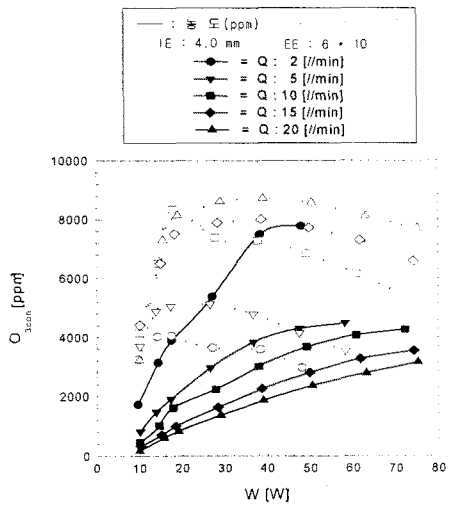
그림 9는 내부전극의 직경이 4.0[mm]인 경우의 오존생성농도, 수율 및 발생량을 나타낸 그래프이다.

이 때, 고주파 전원의 주파수는 25[kHz]로 고정시켰다.

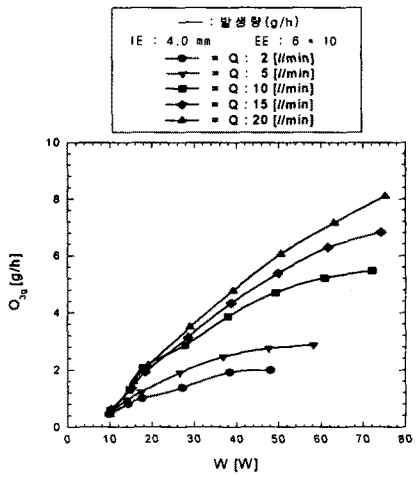


(b) 발생량 특성

그림 8. 내부전극(IE) = 3.0[mm]인 경우(28kHz)



(a) 오존농도, 수율특성



(b) 발생량 특성

그림 9. 내부전극(IE) = 4.0[mm]인 경우(25kHz)

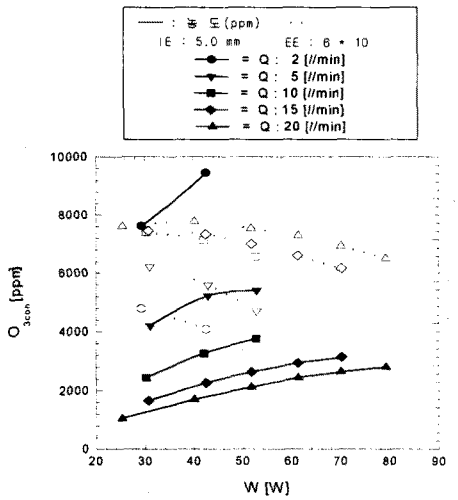
그림 10은 내부전극의 직경이 5.0[mm]인 경우의 오존생성농도, 수율 및 발생량을 나타낸 그래프이다.

이 때, 고주파 전원의 주파수는 19[kHz]로 고정시켰다.

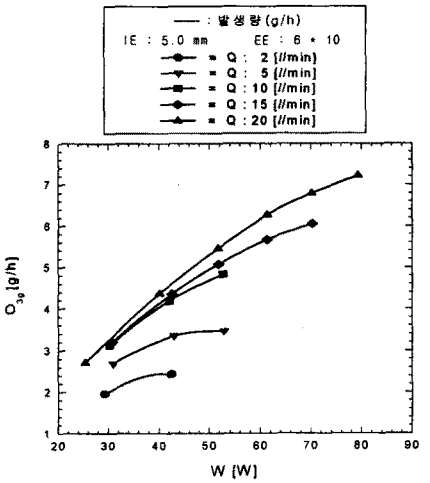
그림에서와 같이 내부전극의 직경이 증가하여 외부전극과의 간극이 좁혀지면서 오존생성농도가 매우 양호한 결과를 보이지만 입력전력의 증가와 함께 방전공간의 온도상승으로 오존생성특성이 급격히 감소하여 더 이상의 전력투입으로도 오존의 생성이 불가하였다.

이것은 방전공간에 축적된 열로 생성되는 오존의 양보다 방전공간내에서 분해되는 오존의 양이 계속적으로 증가한 때문으로 생각된다.

실험의 결과 최대 오존생성농도는 내부전극의 직경이 5.0[mm]이고, 유량이 2[ℓ/min]일 때, 9455[ppm]의 농도를 얻을 수 있었다. 그리고, 발생량은 내부전극의 직경이 4.0[mm], 유량 20[ℓ/min]에서 8.1[g/h]의 최대값을 얻을 수 있었다.



(a) 오존농도, 수율특성



(b) 발생량 특성

그림 10. 내부전극(IE) = 5.0[mm]인 경우(19kHz)

4. 결 론

고주파전원을 사용한 오존발생기에서 내부전극의 직경변화에 따른 오존생성특성을 살펴본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 공급가스의 유량을 증가시킴에 따라 전극내의 냉각효과의 증대로 수율과 발생량의 상승효과를 얻을 수 있었다.

2) 내부전극의 직경이 증가함에 따라 오존생성특성이 향상되었으나, 직경증가에 따라 내부에 축적되는 열의 증가로 직경이 작은 경우에 비해 입력시킬 수 있는 전력이 낮았다.

3) 고주파전원 인가시 방전공간에 급속히 축적되는 열의 냉각을 위하여 고성능 냉각설비가 요구된다.

[참 고 문 헌]

[1] 이 광식, 이 동인, "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] 이 상근, "원료가스의 온도변화를 고려한 중첩방전형 오존발생장치의 특성", 1998년도 大韓電氣學會 夏季學術大會 論文集, pp.1705 ~ 1707

[3] Baldur Eliasson, "Modeling and Applications of Silent Discharge Plasmas", IEEE Transactions on Plasma Science, Vol.19, No.2, April 1991

[4] Masaki Kuzumoto, "High Density Ozone Generation by Silent Discharge under extremely short gap length around 100㎛", IEE Japan, Vol.116-A, No.2, 1996