

Lamp 형 오존발생기에 관한 연구

강 천수⁰, 송 현지, 이 광식, 이 동인
 영남대학교 전기공학과

A Study on the Lamp Type Ozonizer

Cheon-Su Kang⁰, Hyun-Jig Song, Kwang-Sik Lee, Dong-In Lee
 Department of Electrical Engineering Yeungnam University

Abstract

This paper describes ozone concentration(O_{3con}), ozone generation(O_{3g}) and ozone yield(O_{3y}) of lamp type ozonizer which be performed a role of lighting source and ozonizer. OLamp is consist of two of low pressure mercury lamps. The important conclusions obtained from this paper are as follows,

The more quality of supplied gas(Q) decrease, the higher O_{3con} rise. The more quality of supplied gas(Q) increase, the higher O_{3g} some rise.

When supplied oxygen 10[l/min] obtained 4,010[mg/kwh] O_{3y} . The Echerichia coli which is reacted on ozone can be sterilized about 95[%].

1. 서론

고도의 산업사회로 발전함에 따라 환경오염이 날로 심각해지고 있으며, 이에 따른 환경오염물질의 사용규제 및 환경오염원의 제거장치에 대한 관심이 증대되고 있다. 이와 같은 측면에서 선진국에서는 오래전부터 전기적 방전현상을 이용한 오존발생기에 대한 연구가 활발히 진행되어 환경개선에 많은 진전을 가져왔으나, 국내에서는 아직은 이에 관한 연구가 미흡한 실정이다.^[1]

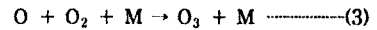
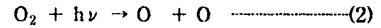
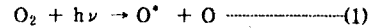
오존의 강력한 산화특성을 이용하여 박테리아, 바이러스 등의 살균에 적용하며, 탈색, 탈취, 유독물질의 분해는 물론이고 식품저장, 실내공기정화 뿐만 아니라, 최종적으로는 산소로 환원되어 2차공해를 일으키지 않는다는 특성 때문에 점차 그 이용도가 한층 증가하고 있다.^{[2][3][4][5]}

따라서 본 연구에서는 오존발생기로서의 기능과 광원으로서의 역할을 동시에 수행할 수 있는 lamp 형 오존발생기 이후, (Ozone Lamp ; OLamp)라 칭함)를 설계 및 제작하고, 원료가스의 종류(모의공기 및 산소), 유량(Q) 및 lamp의 점등 개수의 변화에 따른 오존생성농도(O_{3con}), 오존발생량(O_{3g}) 및 오존수율(O_{3y})특성을 연구하였으며, 그리고 OLamp로부터 발생하는 오존을 이용하여, OLamp에 대한 대장균의 살

균특성을 연구검토하였다.

2. 관련이론

광화학반응법에 의한 주된 오존생성반응은 식(1) 및 식(2)에서와 같이 원료가스중에 포함된 산소분자(O_2)에 각각 130 ~ 175[nm] 및 175 ~ 245[nm]의 자외선(U.V)을 조사하므로서 산소분자가 산소원자로 해리하고, 이렇게 생성한 산소원자가 식 (3)에서와 같이 다른 산소분자와 결합하여 오존을 생성한다.^[6]



3. 실험장치 및 실험방법

3.1 실험장치

오존을 발생시키기 위한 오존발생기로서의 역할과 광원으로서의 역할을 동시에 수행할 수 있도록 저기압 수은 lamp(low pressure mercury lamp)를 사용하여 설계 및 제작된 lamp 형 오존발생기(OLamp)의 개략도는 그림 1과 같다.

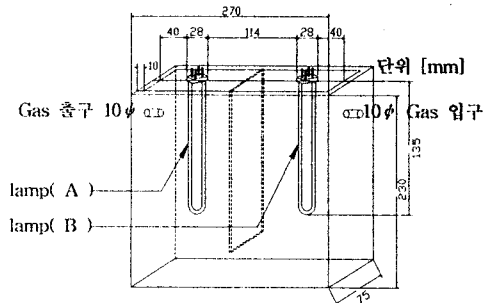
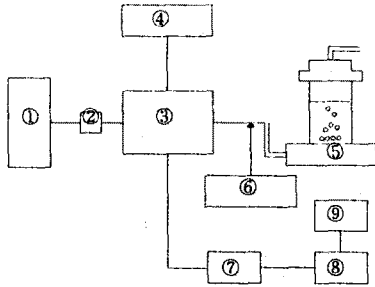


그림 1. lamp형 오존발생기(OLamp)의 개략도

또한 OLamp 는 광화학반응법에 의한 오존발생의 제특성을 향상시킬 목적으로 동일한 규격의 저기압 수은 lamp 2개(lamp (A) 및 lamp (B))를 장착한 구조이다.

그림 2는 lamp 형 오존발생장치의 배치도를 나타낸 것이다.



① 원료가스 공급장치(모의공기 및 산소) ② Flowmeter ③ Lamp 형 오존발생기(OLamp) ④ 전원장치 ⑤ 반응장치 ⑥ 오존 Monitor(기상용) ⑦ 오실로스코프 ⑧ Computer ⑨ Printer

그림 2. Ozone Lamp(OLamp)형 오존발생장치의 배치도
원료가스는 상압용 산소(순도: 99.99%)와 모의공기(질소 78±2[%] + 산소 22±2[%])의 유량(Q)을 Flowmeter(0~25[l/min], Chiyoda seiki 社, Japan)로 조정하면서 OLamp로 공급하였다.

오존생성농도(O_{3con})는 자외선 흡수방식의 기상용 오존 Monitor(0~110,000[ppm], Okitronics 社, Japan)로 측정하였다. 또한 오존수율(O_{3Y})을 검토하고자 Oscilloscope(Le Croy 9350AL)를 사용하여 방전전압·전류 파형을 측정하였다.

또한 OLamp 형 오존발생기에서 발생된 오존을 이용하여 미생물의 살균 특성을 조사하고자 발효조(Korea Fermentation Co. Ltd. Model SY)를 사용하였다.

3.2 실험방법

OLamp에 대한 오존발생의 제특성을 연구하고자 원료가스의 종류(모의공기 및 산소), 유량(Q) 및 lamp의 점등계수(A, B 및 A+B)의 변화에 따른 오존생성농도(O_{3con}), 오존발생량(O_{3g}) 및 오존수율(O_{3Y})을 측정 및 계산하였다.

이어서 O_{3con} , O_{3g} 및 O_{3Y} 는 각각 5회 측정하여 평균값을 채택하였으며, 오존발생의 제특성을 조사하기전 Q = 10[l/min]로 5분 동안 강제배기시킨 후 측정을 행하였다.

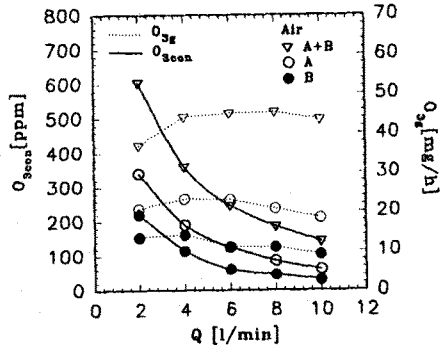
또한 OLamp에 대한 환경개선으로의 적용성을 검토하고자 2.5[l/l]용량의 발효조에 1[l/l] 발효매지를 넣은 후, 약 4시간 배양시킨 Echerichia coli 배양액 5[m/l]을 주입한 후에 OLamp로부터 발생된 오존을 발효조에 반응시켜 반응시간(t)에 따른 살균특성을 연구검토하였다.

4. 실험결과 및 고찰

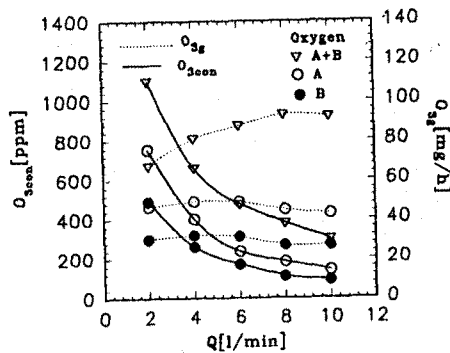
4.1 원료가스의 유량변화에 따른 오존농도 및 발생량 특성

그림 3(a) 및 (b)는 원료가스(모의공기 및 산소)의 유량(Q)변화에 따른 OLamp의 오존생성농도(O_{3con}) 및 오존발생량(O_{3g})특성을 각각 나타낸 것이다.

그림 (a), (b)에서와 같이 원료가스에 관계없이 Q가 감소함에 따라 O_{3con} 이 상승하는 것으로 나타났다.



(a)



(b)

그림 3. 유량변화에 따른 오존농도 및 발생량 특성

Q가 상승함에 따라 원료가스중에 포함된 산소분자가 방전 영역에 머무르는 시간이 증가하여 lamp로부터 방사되는 자외선(UV)과 pyrex glass로부터 반사되는 자외선과 반응하여 오존이 생성될 확률이 증가된 결과이다.

따라서 저기압수은 lamp A, B 및 A+B에서 산소원료인 경우 Q가 2[l/min]에서 O_{3con} 가 각각 755, 490 및 1100[ppm]인 최대 O_{3con} 을 얻을 수 있었으며, 동일한 Q에서 공기원료인 경우보다 평균 200[%] 상승했다.

그리고 동일한 Q에서 lamp를 2개(A+B) 점등시 lamp를 1개(A 또는 B) 점등시보다도 원료가스가 산소일 경우, lamp(A)보다는 평균 150~200[%] 상승하였고, lamp(B)보다도 평균 250~300[%] 상승하였다.

모의공기일 때는 lamp(A)보다 평균 150~200[%] 상승하였고, lamp(B)보다는 평균 300~350[%] 상승하였다.

이것은 방전영역에 유입하는 원료가스의 입구측의 lamp에서 방사되는 자외선과 pyrex glass로부터 반사되어 나오는 자외선과 1차 반응을 한 후, 이 때 반응하지 않은 원료가스가 출구측의 지기압 수은 lamp에서 방사되는 자외선과 pyrex glass로부터 반사되는 자외선과 2차 반응하여 발생한 오존이 증착된 결과 O_{3con} 이 상승하는 것으로 사료된다.

또한 그림에서와 같이 O_{3g} 는 Q가 증가함에 따라 전체적으로 약간 상승하다가 포화하는 특성을 나타내었다.

lamp A+B가 lamp A, B인 경우보다 상승율이 크게 나타났다.

4.2 원료가스의 유량변화에 따른 오존수율 특성

그림 4는 OLamp 의 오존수율(Q_y) 특성을 검토하기 위하여 저기압 수은 lamp(A) 점등시 방전전압·전류(V-I) 파형을 나타낸 것이다.

또한 표 1은 저기압 수은 lamp A, B 및 A+B 의 방전전압·전류 및 전력값을 나타낸 것이다.

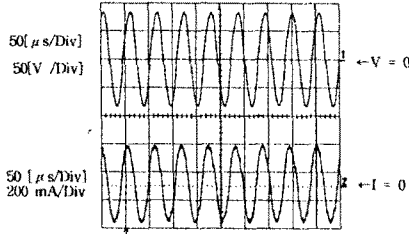
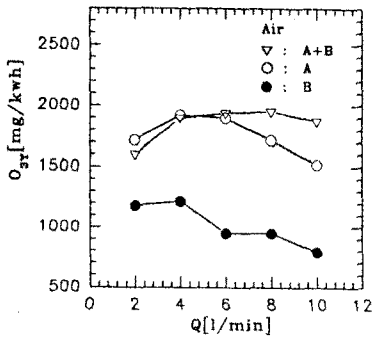


그림 4. 저기압 수은 Lamp (A) 의 방전전압·전류파형

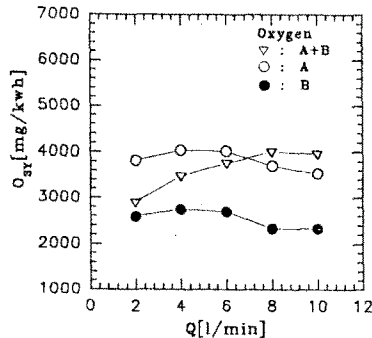
표 1. 저기압 수은 Lamp 의 방전전압·전류 및 전력값

저기압 수은 Lamp 종류	방전전압 [V]	방전전류 [A]	방전전력 [W]
Lamp (A)	59.17	0.20	12.10
Lamp (B)	59.73	0.19	11.59
Lamp (A+B)	59.45	0.39	23.69

그림 5(a), (b)는 lamp 형 오존발생기의 Q 의 변화에 따른 오존수율(O_{3y}) 특성을 각각 나타낸 것이다.



(a)



(b)

그림 5. lamp 형 오존발생기의 오존수율(O_{3y}) 특성
그림에서와 같이 lamp (A, B, A+B) 점등시에 각각 산소원료인 경우가 모의공기인 때보다 수율이 평균 200%의 상승하는 것으로 나타났다.

원료가스가 산소인 경우, 최대 Q_y 는 lamp A+B에서 Q 가 10 [l/min]일때 4,010(mg/kwh)이며, 공기일 때 8[l/min]일때 2,053 (mg/kwh)을 얻을 수 있었다.

4.3 반응시간에 따른 대장균(Escherichia coli)의 살균특성

그림 6는 반응시간(t)에 대한 대장균(Escherichia coli)의 살균특성을 나타낸 것이다.

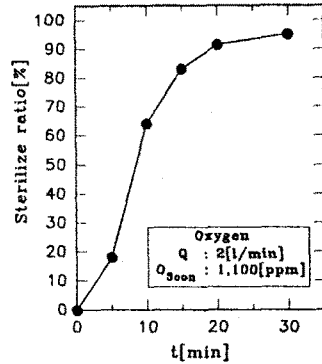


그림 6. 반응시간(t)에 대한 대장균의 살균특성

그림에서와 같이 OLamp 로 부터 발생된 오존을 대장균(Escherichia coli)이 있는 반응조에 반응시킨 결과, 초기 대장균의 수 3.6×10^7 (個/ml)에서 접촉시간이 길어짐에 따라 살균율이 증가한 결과, 접촉 후 30분 후 대장균의 수가 1×10^1 (個/ml)로 되어 약 95%의 살균효과를 얻을 수가 있었다.

5. 결론

오존발생기로서의 역할과 광원으로서의 역할을 동시에 수행할 수 있는 lamp 형 오존발생기(OLamp)를 실제 및 제작하여 오존생성농도(O_{3con}), 오존발생량(O_{3g}), 발생오존을 대장균에 반응시킨 살균을 특성 및 오존수율(O_{3y})특성을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- ① 원료가스에 관계없이 Q 가 감소함에 따라 O_{3con} 는 상승하는 특성을 나타냈다.
- ② O_{3g} 는 Q 가 증가함에 따라 전체적으로 약간 상승했다가 포화하고, 일정 Q 이상이 되면 다소 감소하는 특성을 알 수 있었다.
- ③ 최대 Q_y 는 lamp A+B 에서 산소원료일 때 Q 가 10[l/min]에서 4,010(mg/kwh), 공기인 경우 6[l/min]에서 1,940(mg/kwh)을 얻을 수 있었다.
- ④ OLamp 에서 생성된 오존을 이용하여 대장균(Escherichia coli) 살균에 반응시킨 결과, 30(分)만에 약 95%의 살균특성을 얻을 수 있었다.

이상과 같이 본 OLamp 는 오존발생기로서의 수율이 떨어지나 차후 광원으로서의 특성을 정립함으로써 광원과 살균 등으로 적용 가능할 수 있는 좋은 오존발생기로 개선이 가능 하리라 판단된다.

6. 참고문헌

1. 수도권영시, "高度淨水處理工程에 관한 研究", 한국수자원공사, 1991
2. 이광식 이동인 송원석 외 3명 "Remd수 조정에 의한 방전형식의 제어", 대한전기학회 pp 40-43, 1992
3. 이광식 이동인 송원석 외 3명 "고전압 Nizze 형 오존발생기에 관한 연구" 대한전기학회 Vol 44, pp 97-100, 1995
4. 堀田 関 "特樂の企劃にあたって", 電學誌 114巻 10號 pp 649-653, 1994年
5. 宗宮 功 "オゾンを活かす", 電學論, 114巻 4號, pp 353-359, 平成6年
6. 出口 富雄 "オゾンを中心とした高度淨水處理技術", 三秀電房, 1990