

水 分解形 오존 發生裝置의 電極線 肥大現象과 自己回復 現象

Build-up Phenomenon and Self-Cleaning Effect upon Wire Electrode Surface of an Electrolytic Ozone Generator in Tap Water

文 在 德* · 金 鎔**
(Jae-Duk Moon · Yong Kim)

Abstract - The negative wire of an electrolytic ozone generator, proposed by authors, has been contaminated by attaching the impurity particulate in tap water, which is called BUILD-UP phenomenon. The higher applied voltage and the larger wire diameter have shown the higher build-up rate, which makes the current reducing largely and concurrently the ozone production smaller. It is found that the positive electrode of the ozone generator has a strong SELF-CLEANING effect by detaching the impurity particulate from its surface, which, however, is used as a novel means of solving the build-up problem. As a result, the build-up problem can be solved effectively by applying an alternate square wave pulse voltage to the electrodes so as to get the self-cleaning ability on the both electrodes during each of the half pulse duration time.

1. 序 論

오존은 強力한 酸化力을 가지고 있으면서도 最終的으로 酸素로 돌아가서 二次公害를 일으키지 않기 때문에 魚類, 肉類, 과일등의 食品의 貯藏및 殺菌處理, 居住空間이나 産業 工程上的 脫臭, 殺菌 및 淨化, 纖維類 및 펄프工程上的 漂白, biohazard防止등에 適用되고 있다. [1]

이와 같은 用途에 附合되는 小型 水中오존 發生裝置 開發을 위해 水中에서 直接 水 分子를 電氣力으로 分解 함으로서 효과적으로 오존을 發生시

키는 연구가 遂行된 바 있다. [2, 3] 그러나 이와 같은 경우 水中 溶存 不純物 附着에 의한 電極表面의 汚損으로 말미암은 오존 發生性能의 低下는 實 適用時 解決해야 할 큰 문제였다.

本 論文는 上水中 線對線 電極間의 肥大現象을 구체적으로 檢討하고 이의 効果적인 防止方法을 實驗的으로 導出하고자 한 結果 보고이다.

2. 實驗裝置 및 方法

그림 1은 水中 線對線 電極間의 水中 溶存 不純物 附着에 의한 肥大現象 調查와 이의 防止方法 研究를 위한 實驗 裝置 概略圖이다.

이때 使用한 白金線 電極의 直徑 ϕ 는 0.11~0.32mm이고, 電極間隔 d 는 1.0~10.0mm

*正 會 員：慶北大 工大 電氣工學科 副教授 · 工博

**正 會 員：(株)金星社 昌源 電氣研究所 1室 勤務

接受日字：1991年 2月 22日

1次 修正：1991年 5月 16日

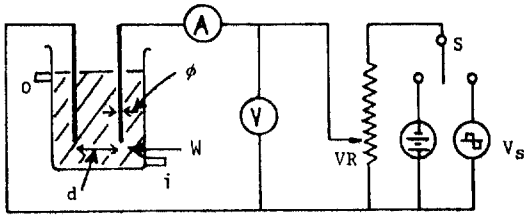


그림 1 實驗 裝置圖

Fig. 1 Experimental set-up

- A : ammeter
- d : interelectrode spacing
- i = water inlet
- o : water outlet
- S : switch
- φ : wire diameter
- V_s : source voltage
- V : voltmeter
- W : tap water
- VR : variable resistor

로 하였다. 使用 電源 V_s는 直流 電源과 正, 負 交番 矩形波 펄스 電源 (alternate square wave pulse, T=0.4~40,000s, V_p=0-±300V, I_p=7 A)를 사용하였으며, 陽極과 陰極間의 電壓 V와 電流 I의 測定은 DVM(Fluke 73)을 사용하였으며, 또 使用한 溶液은 實驗室의 上水이며 水溫은 특별히 調整하지 않았고, 不純物의 供給을 위해 流入上水量 (tap water flow rate)은 1 l/min로 계속 注入하였다.

3. 實驗結果 및 考察

그림2는 d 및 經過時間 t의 變化에 따른 上水中

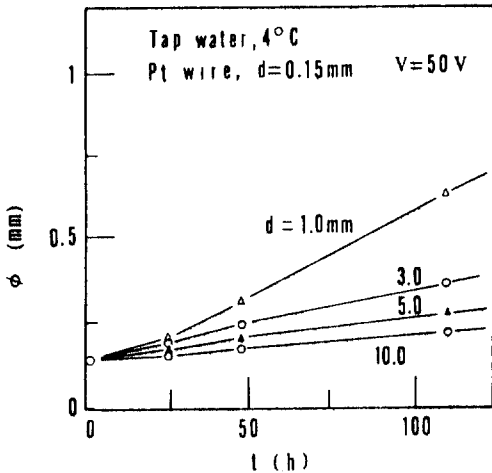


그림 2 電極 間隔에 따른 上水中 電極의 肥大 現象의 時間依存性

Fig. 2 Time dependence of electrode build-up in tap water as a function of inter-electrode spacing

의 白金線電極(φ=0.15mm)의 肥大(build-up) [4]에 의한 φ의 變化를 調査한 結果로서, V는 直流 50V로 固定하였다. 水中電極의 φ는 t의 增加에 따라 不純物 附着에 의해 肥大해져 가며, 同一 V 일때는 d가 작을수록 전극표면의 E가 증가하므로 肥大現象은 급격히 커짐을 보여 준다. 즉 φ=0.15 mm의 전극선의 φ는 100h 經過後 不純物附着에 의해 d=10mm일때 1.4배, d=3mm 일때 2.3배, d=1mm일때는 4.4배로 크게 增加됨을 보여 준다.

그림3은 d=5.0mm, V=50V dc일때의 여러 종류의 φ에 따른 전극의 肥大現象 및 全電流 I_t의 變動을 조사한 結果로서, φ가 작은 φ=0.11mm 및 φ=0.15mm의 경우 t=24h 以內에서는 급격히 증가하고 그 以後에서는 서서히 증가하는 傾向을 나타내나, φ가 큰 φ=0.22-0.32mm에서는 t에 따라 直線의 으로 肥大現象이 일어난을 보여준다.

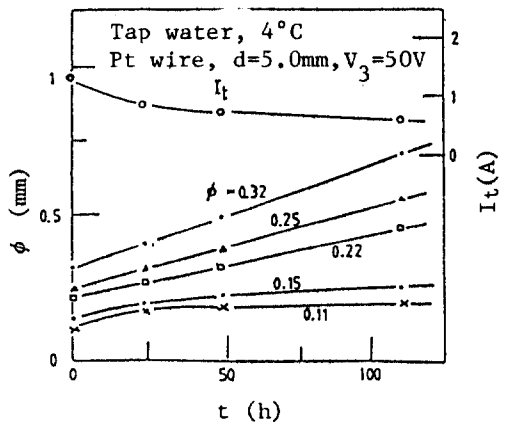


그림 3 電極直徑에 따른 上水中 電極의 肥大現象
Fig. 3 Electrode build-up in tap water as a function of electrode diameter

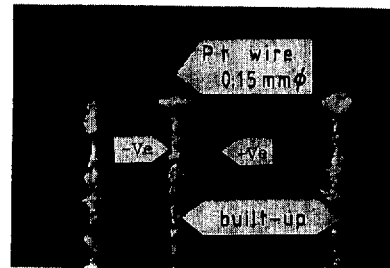


그림 4 上水中 電極의 肥大 寫眞
Fig. 4 photograph of electrode built-up in tap water

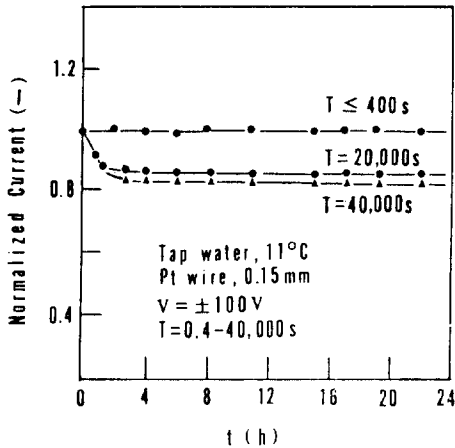


그림 5 經過 時間에 따른 上水中의 電極 肥大에 의한 電流의 減少

Fig. 5 Current decreasing by electrode build-up in tap water as a function of testing time

이는 同一의 V 때 ϕ 가 작은 경우 그 表面에서의 電界($E = -\nabla V$)가 ϕ 가 큰 경우에 비해 크기 때문에 肥大現象이 급격히 일어나며, ϕ 가 어느 정도 커질때까 즉 $\phi = 0.11\text{mm}$ 는 $\phi = 0.17\text{mm}$ 까지, $\phi = 0.15\text{mm}$ 는 $\phi = 0.22\text{mm}$ 로 커질때 까지는 급격한 肥大가 일어나는 것으로 생각된다. 그리고 I_t 는 t 의 증가에 따라 백금선 表面에 抵抗率(resistivity)이 큰 上水中에 수십~수백 ppm 정도로 용존하고 있던 Ca^{++} , Mg^{++} , 기타의 이온들이 附着하여 ϕ 가 커짐에 따라 서서히 減少되어 가게 됨을 보여준다.

그림4는 $d = 5\text{mm}$ 일때의 $\phi = 0.15\text{mm}$ 의 백금선에 $V = 100\text{V}$ 로 큰 직류 전압을 인가하여 $t = 50\text{h}$ 후의 肥大寫眞으로서, 肥大現象이 상당히 不均一하고 심하게 일어남을 보여준다. 그런데 陰極에는 심하게 肥大現象이 일어나나, 陰極은 이와 같은 큰 電壓 印加와 $t = 50\text{h}$ 이후에도 전혀 肥大하지 않음을 보여준다. 즉 陰極에는 강한 肥大現象이 일어나나, 陽極에는 不純物이 存在하는 水中에서 不純物이 附着할 可能性(gradient force[5] 또는 陰이온등)이 있음에도 불구하고 전혀 肥大現象이 일어나지 않고 깨끗함을 보여주며, 이는 陰極에는 不純物이 附着하지 않거나 또는 附着되더라도 다시 除去해내는 自己回復現象(self-cleaning effect)[6]이 있을 可能性을 보여준다.

그림5는 $\phi = 0.15\text{mm}$, $d = 5\text{mm}$ 의 電極間에 $V_p = 100\text{V}$ 의 交番矩形波펄스電壓은 印加하여 兩電極 모두 半周期동안 自己回復 能力을 갖게 함으로서 電

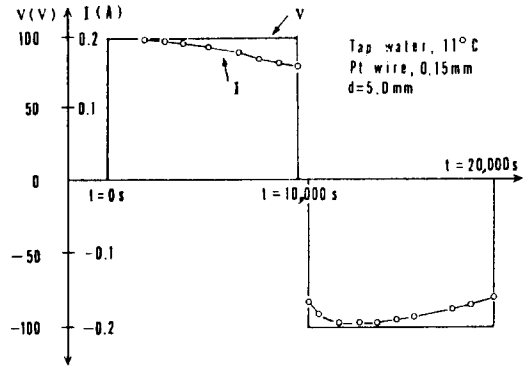


그림 6 印加 交番電壓波形 및 電流自己回復波形
Fig. 6 Current recovery by self cleaning effect and applied square wave voltage

極의 肥大現象 解決 可能性을 檢討하기 위한 것으로, 交番 周期 T ($T = 0.4 \sim 40,000\text{s}$)에 따른 I 의 變化를 調査한 結果이다. $T = 40,000\text{s}$ $t = 24\text{h}$ 에서의 $I =$ 初期값 I_0 의 약 80% 정도로 減少하여 陰極에 肥大現象이 일어남을 보여준다. 그러나 $T = 400\text{s}$ 에서는 $t = 24\text{h}$ 후에도 전혀 I 의 變化가 없으며 또한 兩電極 모두 전혀 肥大現象이 나타나지 않음이 觀測되었다.

그런데 $T = 20,000\text{s}$ 의 實驗過程을 살펴보면 그림 6과 같이 I 는 周期的으로 變動됨을 보여 준다. 즉 $t = 0$ 에는 初期電流 I_0 가 흐르나 t 의 증가에 따라 陰極에서는 肥大現象이 일어나서 V 가 交番되기 直前 $t = t_1$ 까지 肥大現象이 증가하고 I 는 I_0 의 약 86%까지 감소한다. 그러나 半周期가 지나 V 가 交番되면, 즉 肥大된 陰極이 陽極이 되면, 附着된 不純物이 陽極의 表面에서부터 떨어져 나가서 約 30分($t = t_1 + 30\text{分}$)後에는 완전히 除去되는 現象이 觀測되었다. 그러나 陰極에서는 $t = t_1$ 에서부터 肥大現象이 發生하기 시작하며 各 半周期마다 肥大現象(陰極側)을 反復하게 된다. 따라서 이 周期가 짧아지면, 즉 $T \leq 400\text{s}$ 이면 水中電極의 肥大效果보다 自己回復效果가 커져서 겉보기에는 전혀 肥大現象을 發見할 수 없으며 또한 電流 變化도 없게 된다.

따라서 적당한 周期의 交番 矩形波 펄스 電壓을 使用하면 水中 線對線 電極間의 肥大現象은 效果的이고도 根源的으로 除去할 수 있음을 알 수 있었다.

4. 結 論

水中오존發生電極의 肥大現象과 이를 效果的으로 防止하기 위한 方法을 實驗的으로 檢討한 결과 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 水中 陰極 電極에는 溶存 不純物이 附着하는 電極線 肥大現象이 있으며, 이는 印加電界 및 經過時間의 增加에 따라 增加하였다.

2. 그러나 陽極 表面에서는 比較的 높은 電界와 긴 經過時間 後에도 전혀 깨끗한 表面을 保持하였으며, 不純物을 附着시키지 않게 하는 강한 作用 즉, 自己回復 能力이 있음이 實驗結果 見되었다.

3. 따라서 오존 發生을 妨害하는 陰極의 肥大現象은 交番 矩形波 펄스 電壓을 印加하여 兩電極 모두 自己回復能力을 갖게 함으로 效果的이고 根源的으로 막을 수 있음이 確認되었으며, 이때 自己回復 能力이 肥大現象보다 강하게 하기 위해서는 交番周期를 400秒內外로 짧게 함이 有效하였다.

研究費(891-0704-007-2)를 支援해 준 科學財團에 깊은 感謝를 드린다.

참고문헌

- [1] 文在德; 오존發生裝置의 最近의 研究開發動向, 電氣學會誌, 33, 8 495-503(1984).
- [2] 文在德, 金鎔; 水中오존發生裝置에 대한 基礎研究 I, II, 電氣學會 春季放電 高電壓 研究會 發表 論文集, 49-55(1990).
- [3] 文在德, 金鎔; 水分解形 오존 發生裝置의 基礎研究, 電氣學會 論文紙(投稿中).
- [4] 增田閃一, 文在德; カーボンスト 捕集用 電氣集じん器における放電線 肥大現象, 日本 靜電氣學會誌, 6, 5, 320-326(1982).
- [5] 日本 靜電氣學會編; 靜電氣 핸드ブック, 253-255, オーム社(1981).
- [6] 增田閃一, 文在德; カーボンスト로 肥大した コロナ放電線の自己回復現象, 日本 靜電氣學會誌, 6, 5, 327-333(1982).