

ABC del Ozono

INTRODUCCIÓN

El ozono es un gas que se forma cuando el oxígeno es expuesto a una alta intensidad de luz ultravioleta (como sucede en las capas superiores de la atmósfera) o a un campo de alta energía (llamado descarga corona) capaz de disociar los dos átomos que lo componen y dar lugar a una nueva molécula triatómica de oxígeno. El ozono es un potente oxidante, desinfectante y desodorizante.

Posee un olor muy característico a quien debe su nombre (del griego ozon = olor). Este olor es particularmente evidente en tormentas eléctricas o descargas eléctricas puntuales.

La alta inestabilidad de la molécula de ozono hace que sea necesario generarlo in situ.

Su alta reactividad, es excedida solamente por el flúor. Pero dentro de los compuestos químicos de uso común el ozono ocupa el primer lugar en lo que respecta a potencial de oxidación. Lo que hace de este compuesto de los oxidantes más potentes conocidos

Compuesto	Pot. (mV)
O ₃	-2.07
HOCl [•]	-1.49
Cl ₂	-1.36
NH ₂ Cl	-0.75

Las propiedades de mayor interés del ozono son su solubilidad en agua y su estabilidad en medio líquido y gaseoso, ya que son las que permiten llevar adelante su aplicación como desinfectante.

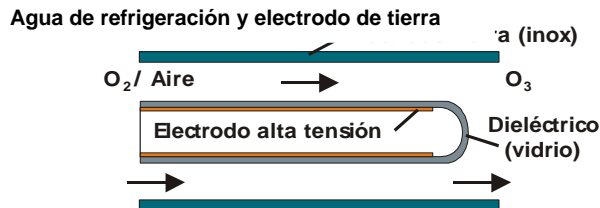
GENERACIÓN DE OZONO

Existen diversas tecnologías para generar ozono, dentro de las cuales las dos de mayor aplicación son: Irradiación UV y Descarga Corona. Esta última, adoptada por FG ingeniería, es la que logra una mayor concentración del ozono en aire u oxígeno y por ende la más conveniente en los generadores industriales.

En el proceso de generación se hace circular el gas conteniendo oxígeno (por ejemplo aire seco) por un espacio en donde se aplicará un fuerte

campo eléctrico. Esa energía produce la disociación del oxígeno que se recombina con nuevas moléculas para dar ozono.

Generación



SOLUBILIDAD DEL OZONO

Cuando se habla de solubilidad del ozono en agua es muy importante distinguir entre la solubilidad de saturación y la que operativamente puede lograrse en un sistema de tratamiento de agua. Lo importante, en definitiva, será alcanzar una concentración suficiente para el tratamiento buscado. Este valor estará generalmente muy por debajo de la saturación.

La concentración final de ozono en el agua es función de la concentración en fase gas, la presión del gas y la temperatura del agua y de la tecnología de intercambio gas/líquido. La primera depende de la tecnología empleada en la generación y el gas portador (aire u oxígeno). FG ingeniería diseña las torres de contacto de forma de optimizar el intercambio produciendo un equipo de dimensiones acotadas.

Las torre de contacto producidas por FG ingeniería son construidas en acero inoxidable 304L / 316L y de características sanitarias.

Las concentraciones usuales en sistemas de tratamiento de agua van desde 0,3 a 1,5 ppm.

El valor de $C \times t$ es el parámetro para el control de microorganismos, endotoxinas y pirógenos. Un valor de $C \times t = 3$ elimina, comprobado experimentalmente, un gran espectro de bacterias con una concentración de 5×10^3 ufc/ml en recuento total. Aún así valores de $C \times t = 6$ asegura la completa destrucción de flora bacteriana, pirógenos y endotoxinas.

Mecanismos de acción sobre distintos tipo de microorganismos.

Efectos sobre bacterias: La membrana parece ser el primer sitio de ataque del ozono (Giese y Christensen 1954, Christensen y Giese 1954), o por la vía de las glucoproteínas o glucolípidos (Scott y Lester 1963) o a través de ciertos aminoácidos, como triptofano (Golstein y McDonagh 1975)

El ozono también interrumpe la actividad enzimática de las bacterias actuando sobre los grupos sulfhidrilos en ciertas enzimas. La muerte bacteriana puede estar dada directamente por los cambios en la permeabilidad celular (Murria et. Al. 1965), posiblemente seguida de ruptura celular. Las reacciones de oxidación e inactivación siempre ocurren muy rápidamente lo cual llevó a Bringmann (1954) a pensar que el ozono actuaba diferente que el cloro. El creyó que el cloro actuaba selectivamente oxidando ciertos sistemas enzimáticos mientras que el ozono actuaba como un "agente oxidante general".

El ozono actúa sobre el material nuclear, Christensen y Giese 1954 y Scott y Leshner (1963) mostraron que el ozono afecta purinas y pirimidinas en los ácidos nucleicos.

Efectos sobre virus: El primer sitio de acción sobre virus es indudablemente la cápsula viral, particularmente las proteínas que la forman. El ozono parece modificar los sitios de la cápsula viral que el virus utiliza para fijarse a la superficie de las células.

ESTABILIDAD DEL OZONO DISUELTO

Una vez incorporado en el seno del líquido el ozono debe permanecer durante cierto tiempo para lograr su efecto oxidante. La vida media del ozono disuelto es generalmente superior a ese requerimiento.

La descomposición del ozono en agua (considerando ausencia de contaminantes) se produce por recombinación con sí mismo para transformarse nuevamente en oxígeno. Dicha descomposición será función de:

- Temperatura
- Incidencia de rayos UV
- pH del medio

En agua neutra y a temperaturas que rondan los 18°C tendrá una vida media de 20 minutos.

Esto permite, en el caso de desinfección de circuitos de distribución en hemodiálisis, sanear el sistema al final de la jornada y al día siguiente encontrarse con el sistema estéril y libre de ozono. Con un corto

enjuague queda apto para su operación, y aún en caso de deficiencias en los procedimientos de enjuague el ozono es autodegradable en poco tiempo dejando como residuo solamente oxígeno.

Los equipos de FG ingeniería garantizan la degradación del ozono en el momento de envío a sala de hemodiálisis mediante el tratamiento de el agua por radiación UV, la que acelera la degradación del ozono eliminando toda traza del mismo.

PROPIEDADES DESINFECTANTES

El ozono es altamente efectivo a muy bajas concentraciones. En formas vegetativas, la E. Coli es una de las más sensibles mientras que los cocos Gram+, los bacilos Gram + y las Micobacterias son más resistentes. De todas formas no hay gran diferencia en la sensibilidad que presentan unos u otros, todos son muy sensibles a inactivación por ozono.

Por ejemplo en ensayos con E. colise midieron en 1 min y con 9 microgramos/Lt reducciones del 99,99% (4 logs).

Resultados muy similares fueron obtenidos con Stafilococcus sp. y Pseudomonas fluorescentes. Para Streptococcus fecalis se requirieron 2 minutos para el mismo efecto; y para Mycobacterium tuberculosis se requirieron 6 minutos.

El efecto desinfectante puede ser cuantificado en función de los valores $C \times t$ (concentración en ppm por tiempo de contacto ozono - agua en minutos). Aunque dichos valores son afectados por la temperatura, el pH, etc. podemos decir globalmente que un valor de $Cxt = 2$ ppm.min para ozono logra el mismo efecto que un valor de 500 ppm.min para cloro, 100.000 para ácido peracético en la eliminación de organismos de alta resistencia.

Puntualmente para el caso de las endotoxinas el ozono ha demostrado excelentes reducciones (> 99 %) con valores de $Cxt = 6$. Esto constituye una rotunda ventaja ya que otros agentes de desinfección no tienen ni siquiera la capacidad de eliminar las endotoxinas.

LOS BENEFICIOS DEL OZONO

En el esquema tradicional de tratamiento de agua para hemodiálisis, el ozono comienza a ocupar un lugar importante dentro del lay-out por presentar diversas ventajas, no sólo químicas sino también operativas:

? Tiene una velocidad de desinfección miles de veces superior al cloro

- ? Elimina eficientemente bacterias, micobacterias, virus y endotoxinas
- ? Elimina hongos, algas y esporas
- ? Oxida compuestos orgánicos y biológicos sin dejar subproductos indeseados.
- ? Es muy fácil de enjuagar de los sistemas saneados.
- ? Evita los manuleos riesgosos de otros productos químicos
- ? No requiere cálculos o maniobras de dilución
- ? Es absolutamente conveniente con respecto a su costo operativo (sólo la energía eléctrica involucrada)
- ? Es autodegradable en cortos períodos dejando como residuo oxígeno.

APLICACIONES DEL OZONO

- ? Tratamiento del agua para hemodiálisis
- ? Desinfección de tanques y cañerías
- ? Agua para consumo humano
- ? Agua en torres de enfriamiento Piletas de natación
- ? Agua ultrapura para procesos farmacéuticos
- ? Tratamiento de efluentes

Nuestros equipos para aplicaciones en hemodiálisis han rescatado todas esas ventajas y virtudes del ozono mirando las necesidades y solicitudes operativas de un centro de hemodiálisis.

Queda mucho por decir de este noble producto. Es por ello que nuestra empresa pone a disposición de su centro de hemodiálisis toda información técnica adicional para dar respuesta a inquietudes o dudas puntuales que pudieran surgir.

Ing. Hernán Yannuzzi
fg ingeniería

Bibliografía

Ozone in Water Treatment – Cooperative research Report 1991