



## Hoja de Datos - Tecnología de Control de Contaminantes del Aire



### 1. Nombre de la Tecnología: Incinerador - Tipo Regenerativo

A este tipo de incinerador también se le refiere como un Oxidador Termal Regenerativo (OTR), o un Oxidador Catalítico Regenerativo (OCR) si se utiliza un catalizador.

### 2. Tipo de Tecnología: Destrucción por oxidación termal o catalítica.

### 3. Contaminantes Aplicables: Compuestos Orgánicos Volátiles (COV). Las unidades OCR también controlan el monóxido de carbono (CO).

### 4. Límites de Emisión Alcanzable/Reducciones:

La eficiencia de destrucción de COV depende de los criterios de diseño (esto es, la temperatura de la cámara, el tiempo de residencia, la concentración de COV a la entrada, el tipo de compuesto, y el grado de mezclado) (Ref. EPA, 1992: *U.S. Environmental Protection Agency, EPA - Agencia de Protección Ambiental de EE. UU.*). Las eficiencias típicas de diseño de un incinerador regenerativo varían dentro de un rango de 95 a 99% para los sistemas OTR y de 90 a 99% para sistemas OCR, dependiendo de los requisitos del sistema y las características de la corriente contaminada (Ref. EPA, 1995; Power, 1996; AWMA, 1992: *Air & Waste Management Association - la Asociación para el Manejo de Aire y Residuos de EE. UU.*; EPA, 1991; Chen, 1996). Las eficiencias de control más bajas son generalmente asociadas a flujos con concentración más baja (Ref. EPA, 1995).

Los sistemas OCR que utilizan los catalizadores basado en metal precioso pueden destruir más de 98 por ciento del CO en la corriente de aire que está cargada de COV (Ref. Gay, 1997). Los sistemas OTR no reducen los niveles de CO.

### 5. Tipo de Fuente Aplicable: Punto

### 6. Aplicaciones Industriales Típicas:

Los incineradores regenerativos pueden ser utilizados para reducir las emisiones provenientes de una variedad de fuentes estacionarias. Por lo general, las aplicaciones con flujo alto (mayor de 2.4 metros cúbicos estándar por segundo ( $m^3/s$ ) (5,000 *Standard Cubic Feet per Minute (scfm)* - pies cúbicos estándar por minuto)), con concentraciones bajas de COV (menores de 1000 Partes Por Millón por Volumen (ppmv)) son más aptas para ser controladas con sistemas de incineración regenerativa (Ref. Gay, 1997). Este tipo de incinerador es aplicable para controlar COV proveniente de operaciones de manejo de metales y recubrimientos, manufactura

de automóviles, y manufactura de productos forestales y de madera. La Materia Particulada (MP) y condensables que puedan obstruir el lecho empacado del incinerador o envenenar el catalizador (en el caso de los OCR) tendrían que ser removidos por un filtro interno o alguna tecnología de pre-tratamiento previo a la entrada a la cámara del reactor (Ref. Biedel y Nester, 1995).

El uso de catalizadores de metales preciosos tales como el platino y el paladio han permitido que las corrientes de desecho de COV que contengan cloruros, bromuros y otros halógenos sean controladas con sistemas OCR. Sin embargo, el potencial de envenenamiento del catalizador todavía existe si la corriente de COV contiene silicio, fósforo, arsénico, u otros metales pesados (Ref. Gay, 1997).

## 7. Características de la Corriente de Emisión:

- a. **Flujo de Aire:** Las velocidades típicas del flujo de aire para los incineradores regenerativos son de 2.4-240 ( $m^3/s$ ) (5,000 a 500,000 *scfm*) (Ref. Gay, 1997).
- b. **Temperatura:** Un OTR utiliza gas natural para calentar el gas de desecho entrante típicamente de 760°C a 820°C (1400°F a 1500°F), sin embargo, es capaz de operar hasta los 1100°C (2000°F) para aquellos casos en donde una destrucción máxima es necesaria. Un OCR usa catalizador de metal precioso, el cual permite que la oxidación ocurra a aproximadamente 400°C (800°F) (Ref. Gay, 1997).
- c. **Carga de Contaminantes:** Los incineradores regenerativos pueden y han sido utilizados con cargas de entrada tan bajas como de 100 ppmv o menores (Ref. EPA, 1995). Tal como en el caso de los incineradores termales y recuperativos, por consideraciones de seguridad, la concentración de orgánicos en el gas de desecho debe ser sustancialmente menor del límite inflamable inferior (Límite Explosivo Inferior, o LEI) del compuesto específico que está siendo controlado. Como regla, un factor de seguridad de cuatro (esto es, el 25% del LEI) es usado (Ref. EPA, 1991; AWMA, 1992). El gas de desecho puede ser diluido con aire del ambiente, si fuera necesario, para reducir la concentración.
- d. **Otras Consideraciones:** Hay que evaluar las características de la corriente de entrada en detalle, debido a la sensibilidad de los sistemas OCR a las cargas de entrada de MP y COV, las cuales podrían causar la desactivación del catalizador (Ref. EPA, 1992).

## 8. Requisitos para el Pre-tratamiento de la Corriente de Emisión:

Típicamente, si las condiciones de diseño son satisfechas, no se requiere pre-tratamiento alguno; sin embargo, en algunos casos puede ser necesaria la remoción de MP antes de que el gas de desecho entre al incinerador. Esto es más crítico para los OCR que los OTR, ya que los OTR toleran la MP más que los OCR. Los catalizadores pueden ser “cegados” por la MP. El cegado

es el recubrimiento del catalizador de manera que los sitios activos del catalizador se incapacitan para ayudar en la oxidación de los contaminantes en el flujo de gas. Los sistemas catalíticos pueden incorporar filtros internos que procesan la corriente de aire antes de que alcance el catalizador. También puede emplearse un lecho de sacrificio para evitar que la MP alcance el catalizador. Algunos fabricantes fluidizan los lechos del catalizador para facilitar el paso de la MP a través del sistema (Ref. Biedell y Nester, 1995).

## 9. Información de Costos:

A continuación se presentan los rangos de los costos (expresados en dólares de EE. UU. del tercer trimestre de 1995) para incineradores regenerativos de diseño convencional con y sin un catalizador, bajo condiciones típicas de operación, desarrollados utilizando los formatos de la EPA para la estimación de costos (Ref. EPA, 1996a) y referidos a la velocidad del flujo volumétrico de la corriente de desecho tratada. Los OTR y OCR son erigidos en el campo y no están disponibles como unidades modulares. Los costos no incluyen costos para un sistema de tratamiento de gases ácidos de post-oxidación. Los costos en el límite superior en los rangos mostrados se aplican cuando el dispositivo de control es utilizado para corrientes con concentraciones muy bajas de COV (menores de alrededor de 100 ppmv) a velocidades de flujo muy bajas (alrededor de 2.4 m<sup>3</sup>/s, o 5,000 scfm). Como regla, las unidades más pequeñas que se encuentren controlando una corriente de desecho a una concentración baja serán mucho más costosas (por unidad de velocidad de flujo volumétrico) que una unidad grande limpiando un flujo con una carga alta de contaminantes (Ref. EPA, 1996).

### a. Costo de Capital:

RTO: \$85,000 a 320,000 por m<sup>3</sup>/s (\$40 a \$150 por scfm).

RCO: \$85,000 a 320,000 por m<sup>3</sup>/s (\$40 a \$150 por scfm).

### b. Costo de Operación y Mantenimiento:

OTR: \$8,500 a \$21,000 por m<sup>3</sup>/s (\$4 a \$10 por scfm), anualmente.

OCR: \$13,000 a \$42,000 por m<sup>3</sup>/s (\$6 a \$20 por scfm), anualmente.

### c. Costo Anualizado:

OTR: \$19,000 a \$75,000 por m<sup>3</sup>/s (\$9 a \$35 por scfm), anualmente.

OCR: \$25,000 a \$95,000 por m<sup>3</sup>/s (\$12 a \$45 por scfm), anualmente.

### d. Efectividad de Costo:

OTR: \$115 a \$21,000 por tonelada métrica (\$105 a \$19,000 por tonelada corta), costo anualizado por tonelada por año de contaminante controlado.

OCR: \$145 a \$26,000 por tonelada métrica (\$130 a \$24,000 por tonelada corta), costo anualizado por tonelada por año de contaminante controlado.

## 10. Teoría de Operación:

Los OTR utilizan un medio de alta densidad tal como un lecho empacado en cerámica

todavía caliente de un ciclo previo para precalentar una corriente de gas de desecho cargada de COV. Los gases precalentados y parcialmente oxidados entonces entran a una cámara de combustión en donde son calentados por la combustión de un combustible auxiliar (gas natural) a una temperatura de oxidación final típicamente entre los 760°C y los 820°C (1400°F a 1500 °F) y mantenidos a esta temperatura para alcanzar una destrucción máxima de los COV; sin embargo, se pueden alcanzar temperaturas hasta de 1100°C (2000°F) si fuera necesario, para eficiencias de control muy altas de ciertos COV tóxicos. Los gases purificados y calientes salen de esta cámara y son dirigidos hacia uno o más lechos empacados en cerámica enfriados por un ciclo anterior. El calor proveniente de los gases purificados es absorbido por estos lechos antes de que los gases sean ventilados al ambiente. El lecho empacado y recalentado empieza entonces un nuevo ciclo calentando una nueva corriente entrante de gas de desecho.

Un OCR opera de la misma manera que un OTR; sin embargo, utiliza un material catalítico en vez del material de cerámica en el lecho empacado. Esto permite la destrucción de los COV a una temperatura de oxidación más baja. Un OCR utiliza un catalizador de metal precioso en el lecho empacado, permitiendo que la oxidación ocurra a aproximadamente 400°C (800°F). El requisito de una temperatura más baja reduce la cantidad de gas natural necesaria para alimentar el sistema de reducción de COV y el tamaño total del incinerador. Los catalizadores utilizados típicamente para la incineración de COV incluyen el platino y el paladio (Ref. Gay, 1997; Biedell y Nester, 1995).

## **11. Ventajas/Pros:**

Las ventajas de los incineradores regenerativos sobre otros tipos de incineradores incluyen las siguientes (Ref. Gay, 1997; Stone, 1997; Biedell y NEster, 1995; Yewshenko):

Ventajas de los ORT:

- a. Requisitos más bajos de combustible debido a la alta recuperación de energía (85 a 95 por ciento);
- b. Una capacidad para temperatura alta (hasta las 1100°C (2000°F) proporciona una mejor eficiencia de destrucción sobre los incineradores recuperativos, los cuales por lo general están limitados a 820°C (1500°F) debido a las limitaciones del intercambiador de calor, y los incineradores catalíticos, los cuales por lo general están limitados a 600°C (1100°F) debido a limitaciones del catalizador;
- c. Menos susceptibles a problemas con compuestos clarinados; y
- d. Emisiones de NO<sub>x</sub> generalmente más bajas que la oxidación térmica (excepto cuando las temperaturas de operación están por encima de aproximadamente 760°C (1400°F)).

Ventajas de los OCR:

- a. Requisitos más bajos de combustible que los OTR debido a menor temperatura;
- b. El catalizador también destruye CO en la corriente de desecho; y
- c. Emisiones de NO<sub>x</sub> menores que las de los OTR.

## 12. Desventajas/Contras:

Las desventajas incluyen las siguientes (Ref. Gay, 1997; Stone, 1997):

Desventajas de los OTR:

- a. Alto costo inicial;
- b. Instalación difícil y costosa;
- c. Gran peso y tamaño; y
- d. Alta demanda de mantenimiento para las partes en movimiento.

Desventajas de los OCR:

- a. Alto costo inicial;
- b. Instalación difícil y costosa;
- c. Gran peso y tamaño; y
- d. Alta demanda de mantenimiento para las partes en movimiento y el monitoreo del catalizador;
- e. El envenenamiento del catalizador es posible; sin embargo, los catalizadores de metales preciosos son más resistentes;
- f. La MP debe ser removida primeramente; y
- g. El catalizador gastado que no puede ser regenerado puede necesitar ser desechado.

## 13. Otras Consideraciones:

Los incineradores regenerativos ofrecen muchas ventajas para la aplicación apropiada. Las corrientes de desecho de alto flujo y baja concentración que son consistentes a través de períodos de tiempo largos pueden ser tratadas económicamente ya sea con sistemas OTR u OCR, dependiendo de la composición de la corriente de desecho. Para cualquier sistema, el pre-tratamiento para remover la MP puede ser necesario para prevenir que el lecho empacado se obstruya y/o el catalizador sea envenenado. En las unidades OCR, los catalizadores basados en metales preciosos por lo general tienen una vida de servicio más larga y son mucho más resistentes al envenenamiento y obstrucción que los catalizadores de metales básicos menos costosos (Ref. Gay, 1997).

## 14. Referencias:

AWMA, 1992. *Air & Waste Management Association, Air Pollution Engineering Manual*, Van Nostrand Reinhold, New York.

Biedell and Nester, 1995. E. Biedell and J. Nester, "VOCs Pose a Sticky Situation for Industry," *Pollution Engineering*, November.

Chen, 1996. J. Chen, "Lower Operating Temperatures Oxidize VOCs," *Pollution Engineering*, December.

*EPA, 1991. U.S. EPA, Office of Research and Development, "Control Technologies for Hazardous Air Pollutants," EPA/625/6-91/014, Washington, D.C., June.*

*EPA, 1992. U.S. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, "Control Techniques for Volatile Organic Emissions from Stationary Sources," EPA-453/R-92-018, Research Triangle Park, NC, December.*

*EPA, 1995. U.S. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, "Survey of Control Technologies for Low Concentration Organic Vapor Gas Streams," EPA-456/R-95-003, Research Triangle Park, NC, May.*

*EPA, 1996. U.S. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, "OAQPS Control Cost Manual," Fifth Edition, EPA 453/B-96-001, Research Triangle Park, NC, February.*

*Gay, 1997. R. Gay, "In Search of the Best Control for Volatile Organics," Environmental Technology, May/June.*

*Power, 1996. Power Online, "Combu-Changer Regenerative Thermal-oxidizer System Provides Phased Low-solvent VOC Abatement," Power Online Internet Web Page, [www.poweronline.com/case-studies/cs121296.html](http://www.poweronline.com/case-studies/cs121296.html), December 12, 1996.*

*Stone, 1997. J. Stone, "Controlling VOC Emissions in Finishing Operations," Products Finishing, July.*

*Yewshenko, 1995. P. Yewshenko, "Hot Stuff Controls for VOC Emissions," Environmental Protection, December.*