

Desaireación Térmica v/s Química

En el presente artículo se describen el principio de funcionamiento, diseño y especialmente las ventajas de la desaireación térmica por sobre la puramente química.

1. Introducción

La necesidad de eliminar el oxígeno y dióxido de carbono del agua de alimentación utilizada en calderas, tiene por objetivo prevenir daños por corrosión en el lado agua de estos equipos.

La presencia de oxígeno disuelto en el agua causa daños por corrosión localizada, también conocidos como pitting.

En el caso de dióxido de carbono, su disolución en agua provocará bajos niveles de pH y la producción del corrosivo ácido carbónico.

2. Alternativas para Desairear el Agua

Las alternativas existentes para eliminar el O₂ y CO₂ del agua son básicamente las siguientes tres: desaireación por vacío, térmica y química, siendo las últimas dos las utilizadas con mayor frecuencia.

2.1 Desaireación por Vacío

Este tipo de desaireación no es utilizado con mucha frecuencia, siendo los más frecuentes la desaireación térmica, la química o una combinación de éstas.

En este caso se logra la desaireación al llevar al agua a su punto de saturación mediante la aplicación de vacío.

El agua es alimentada a estos equipos mediante boquillas, que la atomizan en finas gotas previo al ingreso a torres empaquetadas, para aumentar la superficie del líquido desde la que se puedan desprender los gases disueltos.

Los gases desprendidos del agua y vapor de agua son eliminados por el vacío mantenido por eyectores con vapor o bombas de vacío, según sea el tamaño del sistema.

La desaireación por vacío es menos eficiente que la presurizada o térmica, llegando a alcanzar niveles de O₂ de 0.25 a 0.50 cm³/l o 330 a 650 ppb.

2.2 Desaireación Térmica

La desaireación se basa en los siguientes dos principios científicos:

- a) El primer principio puede ser descrito por la Ley de Henry, que afirma que la solubilidad de un gas en una solución disminuye, cuando la presión parcial sobre la solución disminuye.
- b) El segundo principio científico, que gobierna la desaireación, es la relación existente entre solubilidad y temperatura. Dicho de manera sencilla, la solubilidad de un gas en una solución disminuye a medida que la temperatura de la solución aumenta y alcanza la temperatura de saturación.

Un desaireador térmico utiliza ambos principios, para eliminar O₂, CO₂ y otros gases no condensables del agua de alimentación de calderas.

El agua de alimentación es calentada hasta el punto de saturación, a través de la inyección de vapor y el aumento de la superficie del líquido, para facilitar la liberación de los gases disueltos y su posterior eliminación a través de un venteo.

La aplicación de estos principios permite reducir los niveles de O₂ disuelto por debajo de 0.05 cm³/l o 5 ppb.

Existen básicamente dos tipos de desaireadores térmicos, que emplean estos principios: los de bandejas (tray type) y los spray (spray type).

Desaireador de Bandejas o Tray Type

Este tipo de desaireadores eliminan los gases disueltos en el agua, cuando ésta cae por distintos niveles de bandejas para aumentar su superficie, mientras es calentada hasta el punto de saturación por vapor alimentado en contraflujo. Ver figura N°3.

El agua desaireada cae luego al estanque de almacenamiento, donde el flujo de vapor ascendente previene su re-contaminación.

Este tipo de desaireador permite reducir el contenido de O₂ en el agua de alimentación de una caldera a 7 ppb.

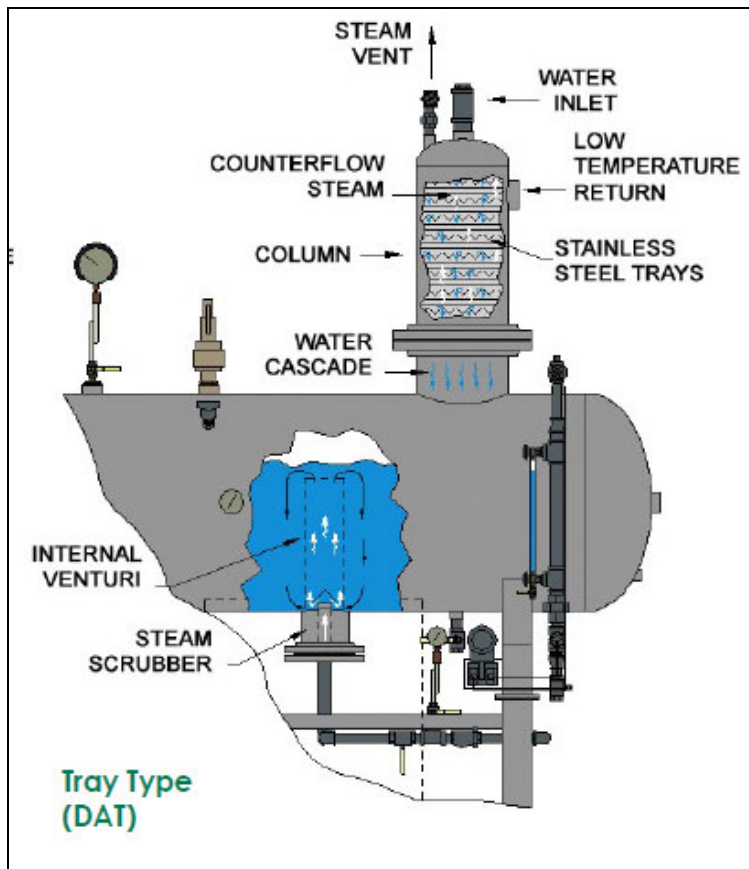


Figura N°3: Desaireador térmico de bandejas.

Desaireador Spay o Spay Type

La filosofía general de operación de los desaireadores tipo spray es la misma de los desaireadores de bandejas, pero difiere levemente en la operación.

Boquillas cargadas con resorte ubicadas en la parte superior de la torre, atomizan el agua dentro de una atmósfera cargada de vapor, para permitir su calentamiento hasta el punto de saturación, donde la solubilidad del O₂ y CO₂ es mínima. Ver figura N°4.

Estos gases son eliminados del desaireador a través de un venteo ubicado en la parte superior del equipo.

Este tipo de desaireador permite reducir el contenido de O₂ en el agua de alimentación de una caldera a 20 – 50 ppb.

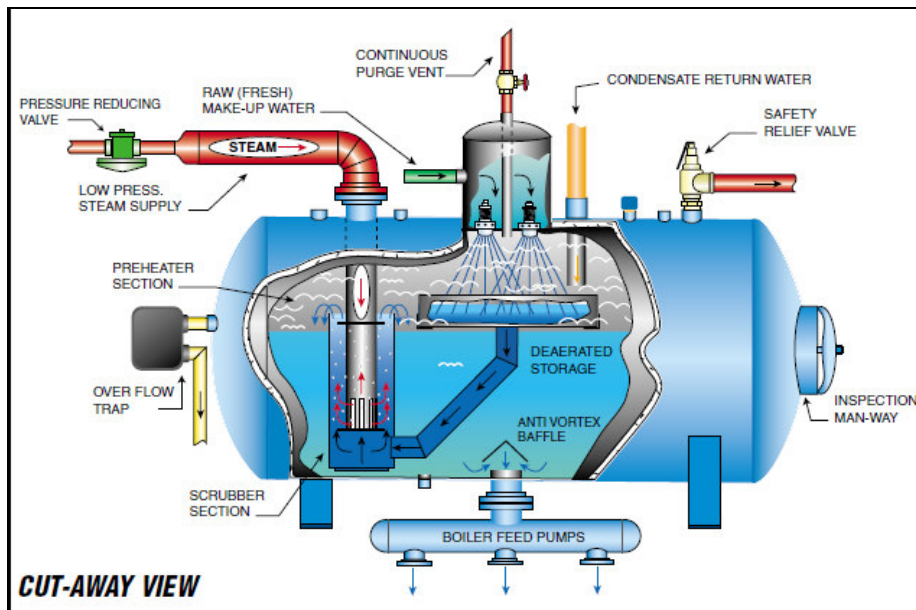


Figura N°4: Desaireador térmico tipo spray.

Generalidades

La capacidad de almacenamiento de los estanques de agua de alimentación, normalmente se dimensiona, para una autonomía de 10 minutos con las calderas operando a plena carga.

Para asegurar una óptima desaireación del agua, se recomienda mantener la temperatura en el estanque de almacenamiento a 3 °C por debajo de la temperatura de saturación.

El tiempo de residencia del agua dentro de la torre desaireadora normalmente no excede de los 10 segundos.

La válvula de venteo, por donde son eliminados los gases eliminados del agua, debe mantenerse abierta, asegurando una pluma de vapor de unos 50 cm.

En la figura N°5 se muestra un diagrama de flujo, con los componentes típicos del conjunto desaireador/estanque de almacenamiento de agua de alimentación.

ARTÍCULO TÉCNICO
DESAIREACIÓN TÉRMICA V/S QUÍMICA

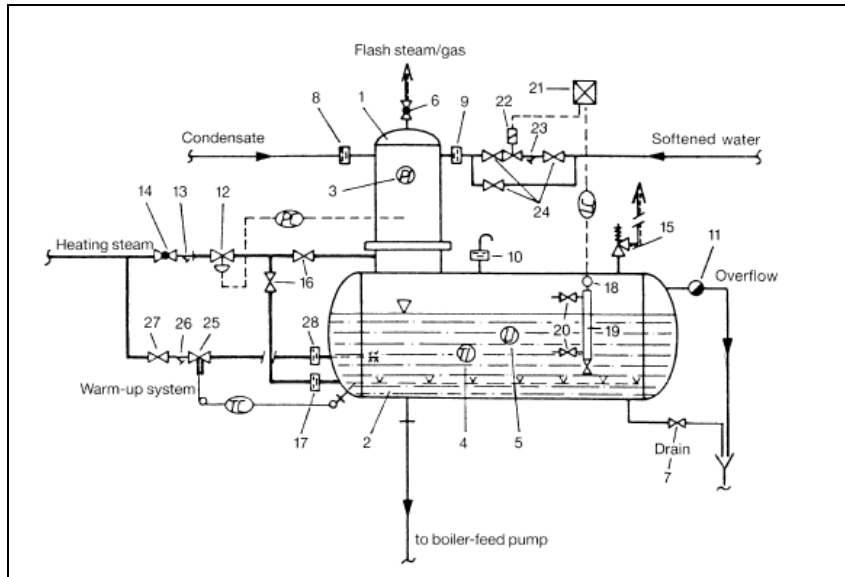


Figura N°5: Diagrama de flujo desaireador térmico.

Los elementos mostrados en ese diagrama son los siguientes:

- 1 - Torre deasireador
- 2 - Estanque almacenamiento agua alimentación
- 3 - Manómetro
- 4 - Termómetro bimetálico
- 5 - Nivel visual
- 6 - Válvula de corte
- 7 - Válvula de corte
- 8 - Válvula anti-retorno
- 9 - Válvula anti-retorno
- 10 - Válvula anti-retorno
- 11 - Trampa de vapor tipo flotador (rebalse)
- 12 - Válvula reductora de presión
- 13 - Filtro
- 14 - Válvula de corte
- 15 - Válvula de seguridad
- 16 - Válvula de corte
- 17 - Válvula anti-retorno
- 18 - Control de nivel
- 19 - Punto muestreo
- 20 - Válvula de corte
- 21 - Interruptores de nivel (máximo / mínimo)
- 22 - Válvula control agua reposición
- 23 - Filtro
- 24 - Válvula de corte
- 25 - Válvula termostática para control temperatura en estanque
- 26 - Filtro
- 27 - Válvula de corte
- 28 - Válvula anti-retorno

Los desaireadores permitirán entonces

- Reducir los niveles de O₂ y CO₂ disueltos en el agua de alimentación de calderas
- Aumentar la temperatura del agua de alimentación, lo que permite reducir choques térmicos y aumentar la producción efectiva de vapor.
- Aprovechar vapor de baja presión y vapor flash, para realizar el calentamiento.
- Recepcionar condensados de alta y baja presión
- Reducir el consumo de secuestrantes de oxígeno

2.3 Desaireación Química

Los secuestrantes de oxígeno son incorporados al sistema de alimentación de agua de una caldera, en el estanque de condensado o estanque de almacenamiento del desaireador (si existiese), para asegurar el mayor tiempo posible para reaccionar.

El secuestrante de oxígeno utilizado con mayor frecuencia es el sulfito de sodio, dado su bajo costo, alta efectividad, rápida reacción con el O₂ y fácil medición de su contenido en el agua.

En el caso de aplicaciones de alta presión (sobre 900 psi) se prefieren secuestrantes de O₂ de base orgánica, ya que, parte del sulfito de sodio se descompone provocando problemas en turbinas de vapor y sistema de condensado.

Para asegurar la eliminación del O₂ del agua se verifica, que el agua de la caldera tenga una concentración de 30 a 60 ppm de sulfito de sodio.

El único efecto negativo del uso de sulfitos de sodio es el aumento en los sólidos totales disueltos en el agua, como resultante de la formación de sulfatos de sodio (al reaccionar el sulfito de sodio con el O₂).

La alternativa al sulfito de sodio es la hidrazina, debido a que al volatilizarse no contribuye a los sólidos totales disueltos, a la vez, permite neutralizar el ácido y por lo tanto proteger las líneas retorno de condensado.

Las desventajas de la hidrazina son su mayor costo y más peligroso en su manejo, y aplicaciones en la industria alimenticia.

El residual de hidrazina que debe mantenerse en el agua, para asegurar la eliminación de O₂, es de 0.1 a 0.5 ppm.

La otra gran desventaja de los secuestrantes de oxígeno, es que no remueven el CO₂ presente en el agua y por lo tanto dejan las calderas expuestas a los efectos corrosivos de este elemento.

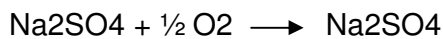
Los secuestrantes de O₂ son utilizados para remover el oxígeno residual en el agua entregada por un desaireador, más que actuar como el mecanismo principal de eliminación.

3. Desaireador v/s Secuestrantes de O₂

El elevado costo de los secuestrantes de O₂ y su ineffectividad respecto de la eliminación del CO₂ disuelto en el **agua**, hacen sumamente atractivo evaluar la desaireación térmica.

3.1 Costo Operacional Desaireación Química

El consumo estequiométrico de secuestrantes de sulfito de sodio es posible determinarlo a partir de la siguiente reacción química:



Por lo tanto el consumo de sulfito de sodio será de **7.9 gr de Na₂SO₃ / gr de O₂**.

Dado que para asegurar la eliminación del oxígeno residual del agua de alimentación, se mantiene un residual de sulfito de sodio de 30 a 60 ppm en el agua de la caldera, el consumo de este secuestrante de O₂ será el siguiente:

$$\text{Na}_2\text{SO}_3 \text{ (Kg/h)} = (7.9 * \text{O}_2 + \text{R-Na}_2\text{SO}_3/\text{CC}) * (1 / 1\text{e}06) * \text{AA}$$

Donde:

CC : Ciclo de concentración utilizado por la caldera
AA : Agua de alimentación (Kg/h)
O₂ : O₂ disuelto en agua (ppm)
R-Na₂SO₃ : Residual de Na₂SO₃ (30 – 60 ppm)

La cantidad de O₂ disuelta en el agua depende de la temperatura, tal como es posible de observar en la figura N°6.

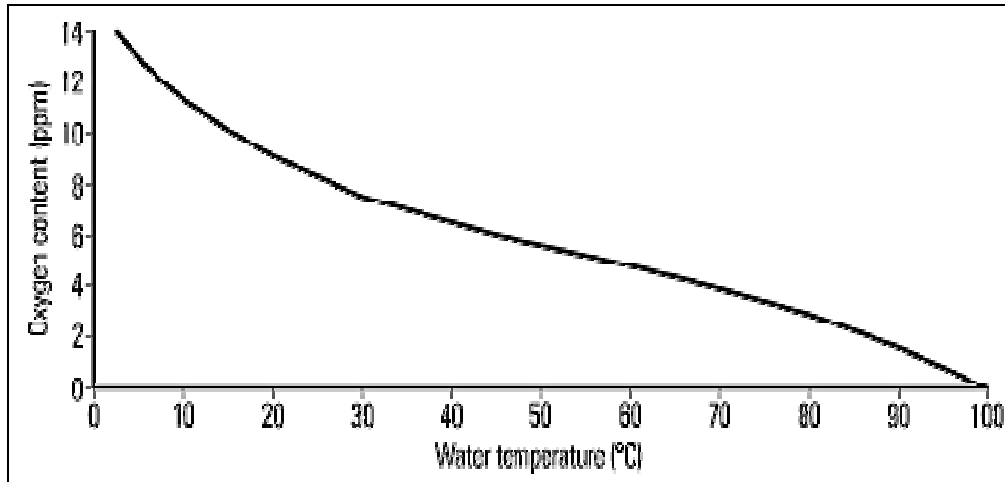


Figura N°6: O2 residual en agua v/s temperatura.

3.2 Costo Operacional Desaireación Térmica

El costo de operación de un desaireador estará dado por la pérdida de vapor por el venteo, que asciende a un 0.10 % de la capacidad del desaireador, es decir, es despreciable.

El consumo de vapor del desaireador, requerido para elevar la temperatura del agua de alimentación (mezcla de condensado y agua de reposición) hasta 105 °C, estará dado por lo siguiente fórmula:

$$VD = AA * (105 - Taa) / R$$

Donde:

- VD : Vapor consumido en desaireador (Kg/h)
- AA : Flujo agua alimentación (Kg/h)
- Taa : Temperatura agua alimentación (mezcla condensado y reposición) (°C)
- R : Calor de vaporización (se puede usar 540 Kcal/Kg °C)

Es importante aclarar que este consumo de vapor, no representa un costo adicional de operación, ya que, es energía que permanece en el sistema.

3.3 Ejemplo: Costos Desaireación Térmica v/s Química

La confirmación de las ventajas económicas, de realizar una desaireación térmica en lugar de una química, será verificada a través del análisis de un ejemplo aplicado a una planta térmica, con las siguientes características:

- Producción de vapor : 30 ton/h

ARTÍCULO TÉCNICO

DESAIREACIÓN TÉRMICA V/S QUÍMICA

- Producción anual vapor : 197100 ton
- Retorno de condensado : 50 % a 90 °C
- Ciclo de concentración : 10
- Costo sulfito de sodio : 3.5 US\$/Kg
- Costo vapor : 25 US\$/ton (petróleo N°6)

Sobre la base de estos antecedentes y la figura N°5, podemos concluir lo siguiente:

- Flujo agua alimentación : 33.3 Ton/h
- Temperatura agua alimentación : 49 °C
- O2 disuelto : 5 ppm

El consumo de sulfito de sodio será por lo tanto de **1.47 Kg/h** o **0.049 Kg** de Na₂SO₄ por ton de vapor.

Si consideramos la producción anual de vapor, obtenemos un costo anual de secuestrantes de O₂ de **US\$ 33,802.65**.

En el caso de utilizar un desaireador térmico en lugar de secuestrantes de O₂, se tendrá un gasto (eliminado por venteo) de vapor de **0.033 ton/h**, o bien **1.1 Kg de vapor por ton de vapor producida**.

El costo anual, asociado al consumo de vapor del desaireador, será entonces de **US\$ 5,420.25**.

Los ahorros asociados a operar con un desaireador, en lugar de utilizar secuestrantes de O₂, será de **US\$ 28,382.00**.

A modo de referencia, podemos señalar que el costo de habilitar un estanque de condensado como desaireador, no debiera superar los US\$ 25,000.00.

Lo anterior confirma, que en este caso, la inversión puede ser recuperada en menos de **9 meses**.

4. Habilitación Estanque de Condensado como Desaireador

Los interesantes resultados del análisis económico, mostrado en el punto anterior, hacen sumamente atractivo habilitar un estanque de almacenamiento de agua de alimentación de calderas en un desaireador.

Además de incorporar una o más torres desaireadoras y los accesorios correspondientes, se debe verificar que:

- a) El estanque de condensado sea capaz de soportar la presión de operación a la que estará sometido al operar como desaireador (7 psi), idealmente debiera soportar 50 psi.

- b) Las bombas de alimentación de agua no caviten producto de operar con una mayor temperatura (105 °C) en lugar de la temperatura correspondiente a la mezcla del retorno de condensado con el agua de reposición.

También se deberá verificar que las bombas de alimentación de agua, sean capaces de soportar la nueva temperatura de operación (105 °C), ya que, en algunos casos sus sellos u otros componentes no son los adecuados.

- c) Se incorporen válvulas de seguridad al estanque de almacenamiento de agua, capaces de liberar un caudal superior a la capacidad máxima de la válvula reductora de presión, que controlará la alimentación de vapor al desaireador.

Esta recomendación tiene por finalidad proteger al estanque contra una falla catastrófica, asociada a sobrepresión.