

INSPECCION DE UNA CALDERA DE VAPOR

La Asociación Americana de Fabricantes de Calderas (American Boiler Manufacturing Association- ABMA) recomienda que todas las calderas deben ser inspeccionadas anualmente. Esta inspección consiste en una revisión detallada de todas sus partes internas (tuberías) incluyendo el sistema de combustión. Los problemas encontrados deben ser analizados en términos de causa del problema, posible solución y previsión para que no vuelva a ocurrir.

Los tratamientos químicos efectuados han reducido notoriamente la frecuencia de incrustaciones severas en las mismas calderas. Sin embargo, la necesidad de efectuar limpiezas químicas periódicas, no ha sido eliminada por causa de variaciones en la composición del agua, deficiente control del tratamiento químico, contaminación inusual, o condiciones de operación, etc.

Los problemas asociados son:

- ✓ El exceso de incrustaciones aumenta el consumo de combustible.
- ✓ La formación de los puntos calientes que causan ruptura de la tubería.
- ✓ El exceso de corrosión generalizada, que aumenta las concentraciones de hierro y por ende, el consumo de energía.

Figura N°1: Inspección de tuberías de calderas acuotubulares.

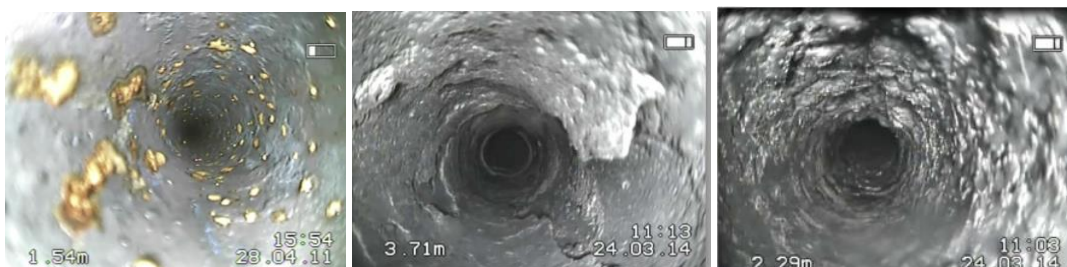


Figura N°2: Inspección de tuberías en calderas pirotubulares.



Figura N°3: Boroscopios Industriales.



¿Qué ocurre dentro de la caldera de vapor?

Cuando el agua ingresa a una caldera (generador de vapor), inevitablemente transporta sólidos disueltos, sólidos en suspensión y gases, en una magnitud que depende del pretratamiento al que haya sido sometida para su acondicionamiento.

Al ingresar el agua, esta recibe un aporte intenso de calor, eleva su temperatura hasta alcanzar el punto de ebullición, se evapora y sale de la caldera. El vapor, en condiciones ideales, no contiene sólidos. Por lo tanto, los sólidos contenidos en el agua que permanece en la caldera resultan cada vez más concentrados. A medida que el vapor sale, se agrega igual cantidad de agua de alimentación, con lo que más sólidos ingresan al sistema.

Si la caldera no se purga, es decir si no se extrae parte del agua donde los sólidos se han concentrado, estos continuarán aumentando su concentración hasta que se superen sus solubilidades y comiencen a "salir" de la solución. Estos sólidos en suspensión, dependiendo de su naturaleza, precipitan y se depositan sobre las superficies de los tubos calientes sufriendo transformaciones químicas que los convierten en incrustaciones; o simplemente incrementan los sólidos en suspensión en el agua de la caldera. Este incremento, junto a una mayor tendencia a formar espumas, contribuye a aumentar el arrastre de agua por el vapor, lo que de alguna manera termina actuando como purga.

Los problemas creados por los sólidos en los sistemas de vapor son muchos, tales como problemas de corrosión, erosión y desbalanceo de las turbinas, pérdida de eficiencia, falla de los tubos de la caldera y de los sobrecalentadores, etc.

Mediante la purga se puede mantener bajo control la concentración de los sólidos en el interior de la caldera. Esta purga puede hacerse en forma continua o periódicamente. En estos casos, purgas intermitentes de corta duración dan a veces mejor resultado.

La purga se regula para mantener la concentración de sólidos dentro de ciertos valores, que dependen fundamentalmente de la presión de operación y de la potencia de la caldera.

Problemas generados

Haremos una reseña de los principales problemas derivados de cada sustancia o impureza particular contenida en el agua de alimentación.

Desde el punto de vista químico se considera como impureza del agua a cualquier sustancia que tenga por composición química una fórmula diferente de H_2O . Estas impurezas pueden provenir de contaminaciones o bien ser sustancias inherentes al material utilizado en el almacenamiento del agua.

Las impurezas que normalmente se encuentran en el agua se presentan disueltas o en suspensión. Dentro de las diversas impurezas podemos mencionar el calcio, magnesio, bicarbonatos, carbonatos, sílice, sodio, sólidos disueltos y en suspensión, materia orgánica, aceite, hierro, cobre, y gases disueltos.

La tabla N°1 muestra algunos de los problemas que son causados por la presencia de concentraciones excesivas de algunas de estas impurezas en el agua.

Todos los gases disueltos en el agua de alimentación pasan al vapor. El desaireador térmico elimina normalmente los gases presentes en su totalidad. Generalmente se agrega un secuestrante de oxígeno para eliminar cualquier traza de oxígeno. El oxígeno es muy corrosivo en todo el sistema de vapor.

El CO_2 , si bien es totalmente eliminado por el desaireador térmico, puede formarse dentro de la caldera a partir de la alcalinidad (bicarbonatos). El CO_2 es transportado por el vapor y se redissuelve en el condensado bajando su pH, con lo que aumenta la corrosividad del mismo para las tuberías de acero al carbono.

Tabla N°1:

Problemas causados por impurezas			
Impureza	Corrosion	Formacion de Deposito	Arrastre
Calcio		X	
Magnesio		X	
Bicarbonato	X	X	
Carbonato	X	X	
Silice		X	Volatizacion
Solidos Disueltos			X
Solidos en suspension		X	X
Materia organica		X	X
Hierro		X	

La tabla N°2 muestra los sólidos habitualmente presentes en una caldera, y el efecto del calor. Nótese que los bicarbonatos constituyen la alcalinidad del agua. Es muy raro que los carbonatos estén presentes ($pH > 8.3$). Sin embargo, como consecuencia de la temperatura, se producen reacciones que precipitan $CaCO_3$, $Mg(OH)_2$, y liberan CO_2 .

También producen Na_2CO_3 e $NaOH$, ambos constituyentes de la alcalinidad del agua de la caldera. Elevados valores de alcalinidad pueden producir severos problemas de corrosión.

Tabla N°2:

ACCION DE LOS SOLIDOS DISUELTOS INORGANICOS EN EL AGUA DE LA CALDERA	
Tres cationes y tres aniones forman nueve sales posibles	
Ca(HCO3)2	Estas sustancias sufren transformaciones por accion del calor (se explican mas abajo)
Mg(HCO3)2	
NaHCO3	
CaSO4	Solubilidad limitada
MgSO4	Solubles en el agua de la caldera
Na2SO4	
CaCl2	
MgCl2	
NaCl	
Reacciones debido al calor:	
Ca(HCO3)2 -----> CaCO3+ CO2 +H2O	
Mg(HCO3)2 -----> MgCO + CO2 + H2O	
2 NaCO3H -----> CO3Na + CO2 + H2O	
Reacciones posteriores debido al calor:	
H2O + MgCO3 -----> Mg (OH)2 + CO2	
H2O + Na2CO3 -----> 2 NaOH + CO2	

Los sólidos disueltos, al aumentar su concentración, alcanzan sus solubilidades y pasan a incrementar los sólidos en suspensión. El exceso de sólidos disueltos y en suspensión, y la presencia de trazas de aceites o detergentes, es causa de formación de espumas y arrastre de gotas en el vapor.

Los sólidos en suspensión, y especialmente la dureza, tienden a provocar incrustaciones sobre los tubos donde se depositan. Estos depósitos constituyen una capa de muy baja conductividad térmica, retardando la transferencia de calor desde la llama al agua. En otras palabras, para transmitir la misma cantidad de calor por unidad de tiempo y de área, desde la llama al agua, la temperatura de la pared es cada vez mayor, lo que finalmente deriva en la rotura o falla de los tubos.

Comparada con el acero de la caldera, la conductividad térmica de los depósitos minerales es muy baja.

En las figuras 3 y 4 podemos visualizar muestras de tubos incrustados, reventados por acción del calor, así como de incrustaciones en turbina.

Figura N°3: Muestras de tubos.



Figura N°4: Turbina con incrustación.



Bibliografía.

The Chemical Treatment of Boiler Water, James W. Mc Coy, Chemical Publishing Company Inc, New York, 1981

Deco sudamericana SA, Ricardo E. Pauer, Seminario sobre intercambio iónico, Agua y Energía, Rosario, Argentina, 1990.

Spirax Sarco, Controladores electrónicos para calderas de vapor (nivel, purga de sales y de fondo), España 2009.

Tecnochem, Seminarios de Productividad, Lima, 2020.