

INCREMENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA CON EL USO DE LA MAGNETIZACIÓN EN LAS AGUAS DE ALIMENTACIÓN A GENERADORES DE VAPOR EN LA INDUSTRIA AZUCARERA

María de Lourdes de la Cruz Aragoneses, Martha Nápoles García
Facultad de Química, Universidad de Camagüey

El presente trabajo se desarrolla en el central Siboney de la provincia de Camagüey, Cuba. Se demuestra la efectividad de la magnetización en la disminución de la corrosión, y en el incremento de vida útil de las superficies metálicas expuestas, mejorando la influencia sobre la formación de incrustaciones al obtenerse superficies limpias, observándose solamente una deposición ligera no incrustante en forma de fina arenilla. Se obtuvieron los parámetros cinéticos y de caracterización de las incrustaciones, los que muestran, en todos los casos, una disminución significativa validada por el tratamiento estadístico a través de una prueba de hipótesis. Se contribuye a un ahorro energético para el central, que es considerable comparado con otros como el Brasil de la misma provincia, con un impacto económico, social y ecológico para la industria azucarera.

Palabras clave: magnetización, incrustaciones, corrosión, superficies térmicas, calderas.

This paper deals with the evaluation of magnetic treatment effect in boiler feeding water for avoiding formation of inlays and negative corrosion effects. This work is developed in Siboney sugar mill, in Camaguey, Cuba. Magnetic treatment effectiveness is demonstrated, because of useful life of exposed metallic surfaces is increased and corrosion effects decreased. It is proved because there was slight deposition in form of a fine sand. Kinetic parameters and inlay characterization show in all cases significant when implementing hypothesis test. This result permits to save energy as well as fuel and provides a very important environmental effect.

Key words: magnetization, corrosion, inlays, thermal surfaces, boilers.

Introducción

Desde hace varias décadas, se ha generalizado en la industria azucarera la utilización en amplia escala del bagazo como combustible, tratando de alcanzar la operación estable y eficiente de la fábrica así como un excedente que permita la diversificación con el incremento del valor agregado de la producción. Ya desde los años 70 se comenzó la modificación de los hornos y calderas para la utilización definitiva del bagazo como combustible, logrando la mayor eficiencia energética del generador de vapor.

La introducción del bagazo como combustible en las calderas de los centrales ha permitido entre algunos aspectos, el alcanzar valores de eficiencia cercanos al 80 %, la eliminación de los problemas de corrosión y deterioro de los tubos, que se presenta fundamentalmente cuando se quema petróleo, dada la escasa presencia de azufre en su composición elemental, así como la ausencia de

sodio y vanadio en las cenizas. Así las calderas bagaceras están sometidas a la erosión provocada por las partículas sólidas en la corriente de gases, fenómeno atribuible a los altos niveles de materia extraña en la caña, siendo la corrosión causada por las impurezas del agua la que tiene una especial importancia, por ser una de las principales causas de roturas en los tubos /6/.

El agua destinada a la alimentación de los equipos productores de vapor, presenta a menudo una serie de dificultades, surgidas principalmente por impurezas contenidas en la misma, que provoca que la caldera y los equipos accesorios no trabajen de forma normal, estas precipitan en las superficies internas de calentamiento, formando sedimentos que poseen un coeficiente de conductividad térmica muy bajo provocando un sobre calentamiento del metal de los tubos, así como incrustaciones que obstruyen el paso del agua a través de los mismos /5, 6/.

Por lo antes expuesto es necesario eliminar o reducir su contenido hasta valores admisibles que garanticen una buena operación de los equipos. Varias son las medidas encaminadas para prevenir la formación de incrustación y corrosión en las calderas. Una de ellas es el uso de la técnica de magnetización sobre los fluidos, que provoca la interacción del campo magnético con los iones presentes en las soluciones acuosas del fluido que se desplaza a través del mismo /8/. Como se evidencia el tratamiento magnético de fluidos constituye una solución a los problemas antes planteados en los generadores de vapor en la industria azucarera, constituyendo este trabajo una continuación y un cumplimiento de la metodología empleada en el diagnóstico y evaluación de estos problemas en los centrales de la provincia de Camagüey.

Materiales y métodos

Metodología

Caracterización de las aguas empleadas en el tratamiento magnético

Se tomaron muestras de agua antes y después de magnetizar. El magnetizador utilizado es de imanes permanentes, el cual se encuentra en la línea de alimentación de agua al generador de vapor en el central Siboney.

Se realizaron diferentes análisis para seguir el comportamiento de diferentes indicadores como son:

1. Acidez (mg/L)
2. Alcalinidad (mg/dm³)
3. Dureza (mg/L de CaCO³)
4. Conductividad (μs)
5. pH.

La caracterización se realizó con una frecuencia de dos veces por semana durante 30 días.

Evaluación cinética preliminar empleando las normas cubanas

La evaluación cinética se efectuó a través de ensayos de campo, empleando el método gravimétrico que es el más difundido en la práctica. Este método basa sus resultados en el número de repeticiones y en la calidad de preparación y limpieza superficial llevada a cabo en las muestras objeto de ensayo. El procedimiento se realiza a través de los siguientes pasos recogidos en la norma nc:12-00-10:81.

Una vez determinado el peso inicial y final en cada una de las muestras y sus dimensiones se procede a calcular el índice gravimétrico negativo o disminución del espesor:

$$DP = \frac{Pi - Pf}{A * t_{exp}} \left(\frac{g}{m^2 h} \right)$$

donde:

Pi y *Pf*: pesos iniciales y finales de las muestras metálicas (g).

A: área de la muestra expuesta al medio corrosivo (m²).

Tabla 1
Periodicidad de los ensayos

Área de ensayo	Cantidad de muestras en cada área	Cantidad de muestras extraídas a los 15 días	Cantidad de muestras extraídas a los 30 días
Tanque Antes de TM	16	6	10
Tanque Después TM	16	6	10
Domo	16		16
Total	48	12	36

Con el número de réplicas se halla el DP promedio y con este el DE a través de la ecuación:

$$DE = \frac{-\Delta E}{t} = \frac{e_i - e_f}{t} \left(\frac{mm}{a} \right), \text{ Donde:}$$

ΔE : variación de los espesores inicial y final.

DE: índice de penetración o disminución de espesor (mm/año).

Posteriormente con el valor de DE se lleva a la escala decimal de resistencia a la corrosión y se halla el grado y grupo de estabilidad corrosiva según nc: 12-00-10:81

Las muestras se colocaron en los siguientes lugares:

Tanque de agua de alimentación (antes del tratamiento magnético)

- * Tanque de agua después del tratamiento magnético
- * Domo superior.

Caracterización de las incrustaciones formadas y estado de las superficies de calentamiento

Este análisis se efectúa con la misma distribución y periodicidad que la tarea anterior, pero se basa en determinar el aumento de peso (AP) en g/m²h, lo cual se realiza sin retirar los productos o incrustaciones después de extraídas las muestras.

$$AP = \frac{P_f - P_i}{A * t_{exp}} (g/m^2h)$$

También se determina la densidad promedio de las incrustaciones formadas (g/m²) y el espesor promedio en m.

Con estos índices puede calcularse las pérdidas en caso de obtenerse superficies incrustadas o ahorro en caso de que el tratamiento magnético elimine o reduzca el espesor de estas incrustaciones.

También con la densidad de las incrustaciones formadas (g/m²) y la carga térmica de la caldera es posible caracterizar la superficie de calentamiento en una de las cuatro categorías siguientes:

- * Limpia
- * Depósitos ligeros
- * Muy incrustada
- * Catastróficamente incrustada

Esto se toma de referencias de la bibliografía /2/, /3/.

Cálculo del ahorro energético que se deriva de la aplicación del tratamiento magnético

Esto se realiza según el procedimiento empleado por la Comisión Nacional de Energía (CNE)

Resultados

Tabla 2
Caracterización del agua de alimentación a calderas

Antes del tratamiento magnético			Después del tratamiento magnético		Resultados de la Prueba de Hipótesis
Indicadores	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	
Alcalinidad parcial (mg/l CaCO ₃)	No tienen	-	-	-	-
Alcalinidad total (mg/l)	64	0,082	62	0,091	No tienen diferencia significativa estadística
Acidez (mg/l CaCO ₃)	40	188,5	40	153,23	No tienen diferencia significativa estadística
Dureza (mg/l CaCO ₃)	0	4147,2	0	4147,2	No tienen diferencia significativa estadística
Conductividad (μs)	68	117063	64	1331195	No tienen diferencia significativa
pH	7,5	0,68	8,5	0,41	Significación estadística

Tabla 3
Resultados de las pérdidas económicas indirectas para espesor de incrustaciones de 0,000375 m.

Central	Pérdidas de calor (kJ/año) * 10 ⁻¹⁰	Consumo adicional de combustible (t/año)	Pérdidas monetarias (\$/año)
Siboney	1,0324	1349	21853,8
Brasil	2,1542	2814,12	45025,92

Conclusiones

1. El tratamiento magnético no varía la composición química del agua, solo el indicador pH incrementa significativamente posterior al tratamiento magnético, lo cual es favorable pues propicia la pasividad de las superficies expuestas al agua tratada
2. El mismo incrementa la estabilidad de las superficies metálicas expuestas al agua tratada y reduce a cero el espesor de las incrustaciones creando una película no adherente en forma de fina arenilla
3. Los tiempos de limpieza pueden prolongarse a períodos superiores a los 15 días
4. El ahorro energético producido es significativo para el caso del central Siboney (con tratamiento magnético), comparado con el central Brasil (sin el tratamiento).
5. Las pérdidas económicas directas e indirectas se reducen por el empleo del agua magnetizada en los generadores de vapor.

6. Sustituye o alivia el tratamiento de agua por vías tradicionales, sobre todo para generadores de vapor de baja presión, como el caso del CAI Siboney.

Bibliografía

1. Domínguez ,J., “Selección y evaluación de inhibidores de corrosión por métodos electroquímicos”, 1993.
2. Eskel, N: Tratamiento de agua para la industria y otros usos, México, 1976.
3. Feliú S, Andrade, M: Corrosión y protección metálicas. Madrid, 1994.
4. González de Tanago, J: Los materiales de construcción en la ingeniería química. Madrid, 1995.
5. López Chapellí, L: Algunos aspectos teóricos y prácticos sobre el tratamiento del agua. Matanzas, 1984, 82 p.
6. Pérez Garay, L: Generadores de vapor. La Habana, 1986.
7. Smith , W: Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Madrid, 1992.
8. Introducción al acondicionamiento magnético de fluidos. Manuatec. <<http://www.nodisa.net/Manuatec>>, 2003