

APROVECHAMIENTO ENERGETICO EN LA ESTACION DE EVAPORACION DE UN CENTRAL AZUCARERO POR EMPLEO DE MAGNETIZADORES

J. Blanco Castro, J. Francisco Rodríguez

Grupo de Investigación de Fuentes Alternativas de Materias Primas y Energía, Departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad de Pinar del Río, "Hermanos Saiz Montes de Oca" Pinar del Río, (53) (82) 5453, Cuba, e-mail : jose@vrect.upr.edu.cu; juanfco@meca.upr.edu.cu

RESUMEN

Se estudia la efectividad de los magnetizadores (DIMAG) sobre el flujo de jugo de la caña de azúcar en los esquemas de evaporación C_1 (sin magnetizadores) C_2 (con magnetizadores) del Complejo Agroindustrial "30 de Noviembre" de Pinar del Río. Se analiza el proceso de transferencia de calor en los diversos cuerpos de los esquemas de evaporación C_1 y C_2 durante la zafra 97/98 y se compara con la zafra 96/97. Para ello, se aplica una metodología de cálculo determinándose los principales parámetros de diseño térmico de los esquemas evaporadores. La utilización de los magnetizadores reduce el proceso de formación de las incrustaciones lo que conduce a una mejor utilización de la superficie de transferencia de calor. Se reducen los gastos de limpieza en un 75% por cada millón de arrobas de caña molidas y por ende, se disminuye el vertido de productos químicos en áreas aledañas al complejo. La efectividad de los magnetizadores depende de la variación de las características del flujo durante el proceso.

Palabras Claves: Magnetizadores, caña de azúcar, estación de evaporación de múltiple efecto, transferencia de calor.

INTRODUCCIÓN

La Industria Azucarera Cubana se encuentra equipada con alrededor de 152 Complejos Agroindustriales para el procesamiento de la caña. En ellos, se encuentran instalados 1133 evaporadores con diseños obsoletos y baja eficiencia energética (González, 1973). Muchos autores han investigado el proceso de transferencia de calor en las estaciones evaporadoras de múltiple efecto (Carrillo et al., 1979; Hernandez-Clavijo., 1982; Armas-Cassanova, et al., 1992) enfocando el mismo en la determinación del área de transferencia de calor de los pre-evaporadores. Armas-Cassanova et al., (1992) determinaron que la distribución del área de transferencia de calor entre el pre-evaporador y el calentador es el factor más importante a tener en cuenta en el diseño y operación del sistema de calentamiento de los evaporadores. Sin embargo, para la determinación de la superficie de transferencia de calor de un evaporador es importante conocer el coeficiente de transferencia de calor del cuerpo, que depende entre otros factores, de la temperatura y la concentración del jugo, como así también de la temperatura del vapor de entrada (Hernandez-Clavijo, 1982). Algunas ecuaciones para la determinación del coeficiente de transferencia de calor en los evaporadores han sido reportadas en la literatura, tal como la ecuación de Dessin, en la que se expresa la dependencia del coeficiente con la temperatura de vapor que calienta el cuerpo y la concentración media del jugo expresada en grados Brix. Otra ecuación es la propuesta por Honig, que describe la relación entre el coeficiente de transferencia de calor con la concentración del jugo y su temperatura de ebullición (Hernandez-Clavijo, 1982).

La eficiencia del proceso de evaporación de soluciones de jugo de caña puede ser incrementada a partir del tratamiento magnético ya que reduce las incrustaciones en la superficie de los evaporadores (Bogumil et al., 1982). Esto a su vez contribuye a reducir las utilización de NaOH y HCl en la limpieza con la consiguiente reducción de costos (Cole et al., 1996).

El trasiego de jugo de caña por la estación de evaporación condiciona la formación de películas de incrustaciones en las paredes interiores de la calandria en cada uno de los vasos del sistema, trayendo consigo la disminución del proceso de evaporación del disolvente, lo que conduce a un incremento de los costos de la producción de vapor. El tratamiento magnético para los sistemas de evaporación de jugo de caña se fundamenta en el principio de activar la superficie interior del conducto de acero magnético de modo que en la capa límite se generen gérmenes cristalinos del fluido que se depositan en las superficies de intercambio térmico con características de baja adherencia a la superficie, debido al efecto catalizador de la misma por la presencia de campos magnéticos heterogéneos de muy alta intensidad, los cuales son arrastrados por el fluido trasegado.

MATERIALES Y METODOS

Los valores de flujo de jugo corresponden a las zafras 96/97 y 97/98, para los esquemas de evaporación C_1 y C_2 del Complejo Agroindustrial "30 de Noviembre", del municipio San Cristóbal, Pinar del Río, Cuba, hasta el momento en que debido a los bajos rendimientos energéticos del sistema cambia el esquema evaporativo.

Para la determinación de los parámetros de diseño térmicos y operación de la estación evaporadora se empleó la metodología de cálculo desarrollada por Herrera et al. (1986). Los valores tomados para el análisis se determinaron utilizando el sistema automatizado del Complejo Azucarero, considerando los siguientes parámetros: Presión de escape del turbo generador (0.17 Mpa), temperatura del vapor de escape (130 °C), concentración inicial de la solución (14 °Brix), concentración final de la solución (63 °Brix), presión de vacío en el condensador (0.0185 Mpa).

Proceso de obtención de Azúcar

El proceso se desarrolla a partir de la obtención de jugo de caña (guarapo) en los molinos del Complejo Azucarero. La caña previamente se corta y limpia en las estaciones de limpieza aledañas al mismo. Antes de introducirse en las estaciones evaporadoras, el jugo es clarificado, filtrado y calentado en los vampiros (calentadores primarios de jugo). Posteriormente, se introduce en los pre-evaporadores a una temperatura de 104°C y concentración de aproximadamente 14 °Brix, a su paso por la estación de evaporación disminuye su temperatura a 58°C y se concentra a 62 - 63 °Brix. El jarabe concentrado se introduce en los cristalizadores y posteriormente en las centrifugas donde se obtiene finalmente los cristales de azúcar crudo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento del coeficiente de transferencia de calor por ebullición en las estaciones de evaporación C_1 sin magnetizadores (SM) y C_2 con magnetizadores (CM) durante la zafra 97/98 se muestra en la Figura 1.

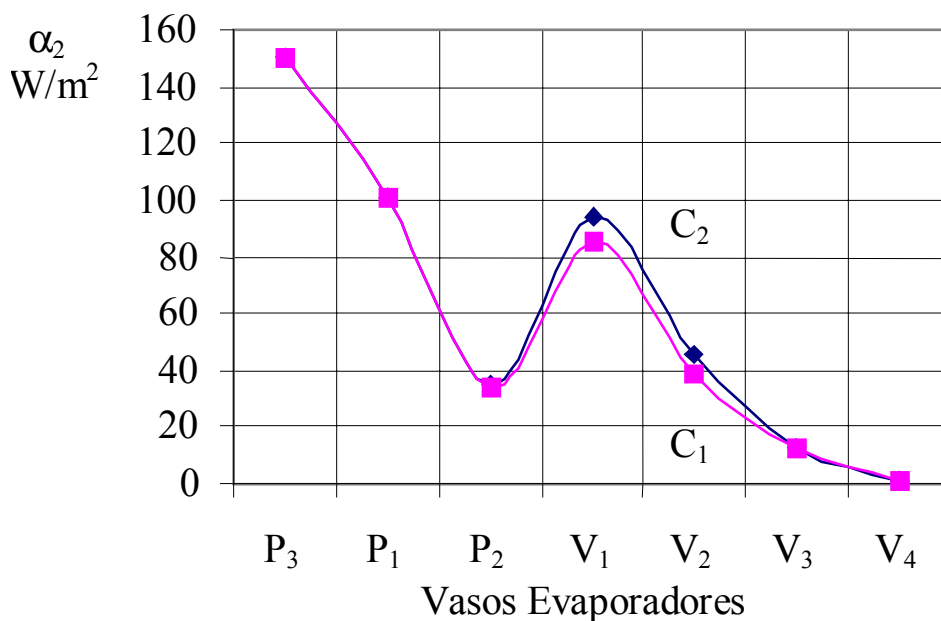


Figura 1. Influencia del proceso de tratamiento magnético del flujo de jugo sobre el coeficiente de transferencia de calor por ebullición en los esquemas evaporadores C_1 (SM) y C_2 (CM) durante la zafra 97/98

Puede observarse que el coeficiente de transferencia de calor por ebullición disminuye paulatinamente en ambos esquemas de evaporación, en la medida que el flujo de jugo trasiega por el sistema. Un ligero crecimiento se aprecia en el vaso V_1 de cada sistema, siendo superior en el C_2 , el cual decrece en ambos esquemas de evaporación posteriormente, lo que pudiera asociarse a la variación de la concentración media de la solución y las caídas de presión producidas en el sistema. En el último cuerpo, se observa que el coeficiente de evaporación es mayor para el C_1 . Esto puede estar asociado a una menor deposición de sales disueltas e impurezas presentes en el jugo sobre la superficie interior de la calandria y una menor resistencia de las incrustaciones al paso del calor.

En la Figura 2 se muestra el comportamiento del flujo de jugo (Gj) en el C₂ en la zafra 96/97 (SM) y en la zafra 97/98 (CM), en el período correspondiente a la segunda limpieza del sistema.

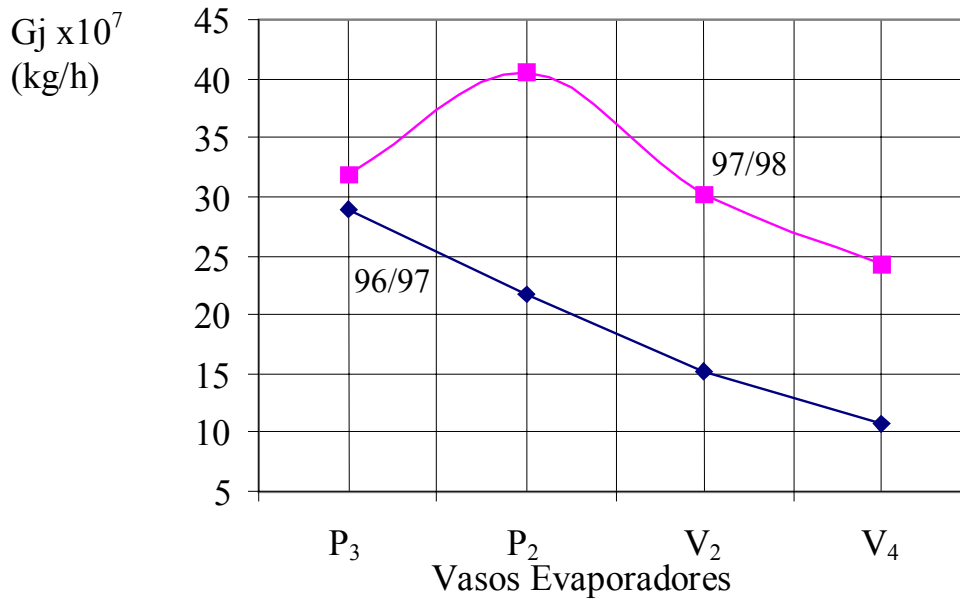


Figura 2. Influencia de la presencia de magnetizadores sobre el flujo de jugo en el esquema de evaporación C₂ durante la zafra 96/97 (SM) y la zafra 97/98 (CM)

Se observa que se produce un incremento del flujo de jugo aproximadamente del 60% en el esquema de evaporación C₂ durante la zafra 97/98 con respecto a la zafra 96/97, lo que puede estar asociado a un bajo nivel de incrustaciones en la paredes interiores de la calandria debido al efecto magnético provocado sobre el fluido. Esto evidencia que la acción de los magnetizadores sobre el flujo depende tanto de las características del magnetizador como así también de las características del flujo, las cuales varían a su paso por la estación de evaporación (Figura 1). Resultados similares obtuvieron Zheng-Bisheng et al. (1996) quienes demostraron que la adecuada selección de los parámetros del tratamiento magnético es importante para optimizar el efecto sobre la viscosidad, la tensión superficial y la evaporación de soluciones de azúcar.

Efecto económico de instalar los magnetizadores

En la zafra 96/97 el central molió 80 millones de arrobas de caña y se realizaron 21 limpiezas, es decir una limpieza cada 3.8 millones de arrobas generando un gasto por este concepto fue 42.530 USD. En la actual campaña, una vez instalados los magnetizadores, el central a molido hasta la fecha 231 millones de arrobas y ha realizado 15 limpiezas cada 15.4 millones de arrobas. Si asumimos una zafra similar a la 96/97 el central hubiese hecho solo 5.19 limpieza, para un gasto equivalente de 10511 USD. Por otra parte, los magnetizadores se comercializan con una vida útil de 20 años con una amortización anual de 197.00 USD.

En la Tabla 1, se muestra un análisis comparativo de los gastos producidos durante las limpiezas realizadas en el sistema, en la zafra 96/97 (SM) y la zafra 97/98 (CM).

Periodo	Gastos (USD)
Zafra 96/97 (SM)	42530.00
Zafra 96/97 (CM)	10708.00
Ahorro	31822.00

Tabla 1. Análisis comparativo de los gastos debido a la introducción de los magnetizadores

Puede observarse que después de instalados los magnetizadores los gastos por concepto de limpieza se reducen al 75% por cada millón de arrobas de caña molidas.

CONCLUSIONES

Los estudios realizados indican que con la introducción de los magnetizadores se disminuye el proceso de formación de incrustaciones observándose una reducción de los gastos del 75% por cada millón de arrobas de caña molidas. El consumo de productos químicos se reduce lo que influye en una disminución de la contaminación ambiental provocado por el vertido de aguas contaminadas en áreas aledañas. Por otra parte, se observa un incremento del coeficiente de transferencia de calor por ebullición, en el esquema de evaporación C₂, sin embargo la variación de las características del jugo durante el proceso influyen sobre el efecto magnético logrado en el sistema.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Universidad de Pinar del Río y la dirección del Complejo Agroindustrial "30 de Noviembre" de Pinar del Río, por la ayuda brindada en la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

- Armas-Cassanova C.M. y Fernandez Sanchez V.M. (1992). A simulation model for design and operation of pre-evaporator/heater system. *International Sugar Journal*. **94** (1122), 131 – 136.
- Bogumil T., Fornalek W. y Kosieradzki W. (1982). Effect of magnetic field on reduction of incrustation of heating surface of evaporator. *Gazeta-Cukrownicza*; **90** (9) 147-149.
- Carrillo M.J. y Espinosa R. (1979). Evaporation by falling thin film in the Cuban sugar Industry, *ATAC*, **38** (1), 13, 44 – 51.
- Cole F. y Clarke M.A. (1996). Benefits of permanent magnets in factory evaporation. *International Sugar Journal*. **98** (1166), 71-72.
- Gonzalez. R. Q. (1973). Standardization of evaporators in the Cuban sugar Industry. *Cuba-Azúcar*, April/June, 53 – 64.
- Hernandez. Clavijo. L. (1982). Determination of the heating surface of an evaporator by means of different expressions of the overall heat transfer. *Cuba-Azúcar*, July/Sept. 15 – 19.
- Herrera O.B. (1986). Equipos de Transferencia de Calor. ISJAE, La Habana. Cuba.
- Zheng-Bisheng, Guo-Siyuan, Li-Lin y Cai-Miaoyan. (1996). Magnetic fields and the evaporation rate of sugar solution. *International Sugar Journal*. **98** (1166). 73 – 75.

ABSTRACT: The effects of magnetic treatment DIMAG was studied over the flow of cane sugar juices on the evaporating plants C₁ (without magnetic) and C₂ (with magnetic) of sugar mills "30 of November" Pinar of Río. The process of heat transfer was analyzed on the different bodies of evaporating plants during harvest 97/98 and compared with the harvest of 96/97. A methodology was used obtaining the main parameters of thermal design on the evaporating plants. The magnetic treatment were used to reduce the inlay formation process producing a better utilization of heat transfer area. The cleaning consumption was reduced an 75% in order to to mill @sugar cane mills. As well as, the chemical product spill decreased an adjacent area of the complex. The effects of magnetic treatment depend on the change of flow properties of cane sugar juices during the process.

Keywords: Sugar cane, heat of transfer, Magnetic treatment, evaporation