



OPTIMIZACIÓN PRELIMINAR DE CALDERA PIROTUBULAR UTILIZANDO DISPOSITIVOS MAGNÉTICOS

Leandro Herrera Ph.D., José Hernández Ph.D. Jorge Castillo Ing. Civil Químico.
Dpto. Ing. Química. Fac. Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile
Beauchef 861. Santiago, Chile.

RESUMEN

Se estudió en una caldera pirotubular de dos pasos instalada en el Dpto. de Ing. Química de la Fac. de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, el mejoramiento de la eficiencia de uso de combustible que se obtiene al introducir en el sistema dispositivos magnéticos en la línea de alimentación de combustible y de alimentación de agua. Los dispositivos magnéticos correspondieron a Línea de combustible: 3 dispositivos **NEO PLUS 6 FA**, de 6500 unidades de energía Gauss-Oersted, dimensiones de 2,5*8 cm puestas sobre tubería de inyección de combustible de 1/4 pulgada en acero inoxidable; Línea de agua: 1 dispositivo **NEO PLUS 12 WA** Anillos de 13.000 unidades de energía Gauss-Oersted puestas sobre tubería de alimentación de agua de Cobre de 1,25 pulgada. Dichos dispositivos fueron suministrados por su proveedor en Chile (CIDAL S.A.).

Las experiencias preliminares realizadas basadas en la determinación del consumo de combustible para llevar el agua en la caldera desde su temperatura ambiente interior hasta la producción de vapor a 82 psig permitieron demostrar que dichos dispositivos permiten mejorar la eficiencia en el uso de combustible en al menos 10 %. Asimismo el acondicionamiento magnético del agua permitirá ahorros en reactivos antiincrustantes, ahorro en manutención y aumento de la vida útil de los sistemas de intercambio de calor.

Dada la complejidad y diversidad tecnológica de las calderas existentes así como las condiciones de operación que difieren de una instalación a otra, se recomienda estudiar con máxima detención la implementación de esta tecnología.

INTRODUCCIÓN

La historia del estudio científico sobre la influencia de campos magnéticos en fluidos se remonta a 1831 y se refieren a experimentos hechos por Michael Faraday y James C. Maxwell. Faraday descubrió que agua que escurre a través de tuberías metálicas generan una débil carga eléctrica. La primera patente conocida de un aparato que modifica las características del agua por el uso del campo magnético generado por un imán sólido fue registrada en Alemania en 1860 a favor de France y Cabell. A comienzos del siglo XX un físico Holandés, el Dr. Johannes Diderik van der

Waals, descubrió que el Hidrógeno líquido tiene estructuras como jaula, con fuerzas moleculares de atracción y repulsión. (fuerzas van der Waals). La influencia de un campo magnético destruye dichas estructuras y luego en presencia de oxígeno se une a éste lo que puede resultar en un aumento dramático en la eficiencia de combustión. En 1910 él recibió el premio Nobel por este descubrimiento. La dificultad en crear un campo magnético suficiente intenso ha impedido su aplicación comercial hasta recientemente. Su teoría de una posibilidad de romper o activar moléculas de hidrocarburo bajo la influencia de un fuerte y enfocado campo magnético ha sido resuelta recientemente.

El desarrollo de estudio de energizadores de combustible comenzó durante la II Guerra Mundial. Como parte del armamento estratégico, especialistas del complejo industrial aéreo Alemán Messerschmitt-Flugzeugwerke resolvieron el problema de eliminar humo producido por los motores de aviones militares. Como solución a este problema ellos diseñaron un aparato magnético (energizador de combustible de reacción) constituido por un elemento cerámico resistente al fuego con un agujero central para la línea de combustible donde se insertaban varas de imanes. Como resultado de innumerables pruebas se dilucidó la configuración óptima del campo magnético para minimizar la producción de humo en los gases de escapes. Al mismo tiempo se reducía el consumo de combustible.

El primer trabajo en uso no-militar fue hecho al principio de 1940 en Europa por un ingeniero Belga T. Vermeiren. En los Estados Unidos pescadores artesanales en las afueras de Murro en California que pilotaban sus embarcaciones de pesca amarraban imanes tipo "herradura de caballo" alrededor de sus líneas de combustible. Ellos constataron que los imanes les ahorraban combustible y hacían que sus motores empezaran y operaran mejor. En los Estados Unidos el uso comercial de imanes para condicionar fluidos empezó en 1950 debido a la patente de Dean Moody, el precursor mundial, junto con el Belga Vermeiren de esa forma de acondicionar fluidos.

Numerosas investigaciones, informes técnicos y aplicaciones prácticas de magnetizadores han demostrado importantes ventajas de la aplicación de campos magnéticos de gran intensidad debidamente seleccionados y direccionados para el tratamiento de fluidos, especialmente agua y combustibles.

En atención a las posibles ventajas del uso de campos magnéticos hemos realizado pruebas preliminares con unidades comerciales de dichos dispositivos con el fin de optimizar el funcionamiento de una caldera de producción de vapor existente en nuestro Departamento.

FUNDAMENTOS

Principios de operación en aplicaciones con combustibles.

Los dispositivos magnéticos o magnetizadores activan y polarizan las moléculas de combustibles (moléculas hidrocarbonadas) que tienen orientaciones al azar. Esto se consigue cambiando el spin del electrón del hidrógeno presente en las moléculas de una fuerte carga positiva y reorganizando la estructura molecular completa. La molécula activada de combustible atrae ionicamente a los átomos de oxígeno en las cámaras de combustión creando una molécula de combustible altamente oxigenada, lo cual produce un incremento en la eficiencia del proceso de combustión (proceso de combustión mas uniforme con mayor eficiencia en la recuperación de calor o en su transformación a energía mecánica), menos depósitos en los dispositivos de combustión y una reducción en la emisión de gases tóxicos (CO, NOx) e hidrocarburos sin quemar.

Principios de operación en aplicaciones con agua.

Los magnetizadores activan y polarizan las moléculas de agua, produciendo una fuerte interacción con las especies iónicas presentes. Dicha interacción es mas fuerte que las de estas especies con las superficies metálicas modificadas (superficies internas de tuberías de intercambiadores de calor, calderas, calefactores de agua, etc.) evitando con ello la formación sobre dichas superficies de cristales de calcita (carbonato de calcio) y propiciando la formación en el seno del agua de cristales finos de aragonita (otra forma cristalina del carbonato de calcio) los cuales quedan en suspensión y pueden ser retirados con facilidad posteriormente por sedimentación (calefactores de agua) o retirados por purga (calderas de vapor).

Conformación de los magnetizadores

Los magnetizadores consisten de una serie de magnetos permanentes cerámicos, arreglados radialmente al eje de la tubería con sus mismos polos, estando en consecuencia los polos opuestos dirigidos hacia afuera.

Los magnetos cerámicos son del tipo ferritas y se soportan en materiales magnéticamente inertes (plásticos o metálicos). El arreglo permite crear un foco magnético con un campo magnético óptimo neto de 4.000 a 11.000 unidades de energía Gauss-Oersted medidas en la superficie de pasada del fluido. La instalación de tales dispositivos es fácil y rápida, no requiere que se corten o alteren las tuberías pues se fijan a ellas con amarres plásticos.

En la bibliografía anexa se puede profundizar sobre aplicaciones diversas de magnetizadores.

METODOLOGÍA

La metodología para estudiar de manera preliminar el uso de magnetizadores para la optimización de calderas fue la siguiente:

1. Se utilizó una caldera pirotubular de producción de vapor instalada en el Departamento de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile (Beaucheff 861, Santiago).

Las características de la caldera son las siguientes:

Caldera : Tipo Economic pirotubular de dos pasos Modelo PPK-40
Fabricante : H. Briones y Cia. S.A.C.
Año fabricación : 1982
Reg. Nac. Calderas: N° 1040
Superficie de calefacción : 18,8 m²
Potencia : 43 HP
Presión de diseño : 155 psig
Presión trabajo : 82 psig (modificada por supresión parcial de tubos autorizada SESMA 1995)

Las características del quemador son:

Marca : Riello Press 1-G
Combustible : Diesel N° 2
Potencia térmica : 130-534 kW
Consumo : 11-45 kg/hora
Motor : 1,9 Amperes/380 volts/50 Hz/2.800 RPM
Inyector : 2,0 GPH a 12 at
2 etapas 1 era. llama (2 inyectores) 0-85 psig
2da. llama (1 inyector) 85-105 psig.

El agua de alimentación de la caldera es ablandada hasta una dureza máxima de 6 ppm de CaCO₃ mediante resina de ablandamiento

2. Para determinar la eficiencia del uso de combustible se utilizó el consumo de combustible necesario para llevar el agua desde su temperatura fría en el interior de la caldera hasta una presión de 10 psig y el consumo para llevar la caldera con vapor de 10 psig hasta 82 psig, siendo esta última la presión de trabajo de suministro de vapor. Esta forma de trabajo está determinada por el hecho que la caldera tiene sólo consumo ocasional de vapor para realizar experiencias de Laboratorio de operaciones unitarias. El consumo de combustible se determinó por medición del mismo en estanque aforado.
3. Previo a las mediciones de eficiencia de uso de combustible se ajustó la operación de la caldera para las condiciones sin dispositivos magnéticos (inyección de aire) para que cumpliera con las normas de emisión (CO y material

particulado). También se volvió a revisar el cumplimiento de la norma con la caldera ya provista de los magnetizadores.

4. Se realizaron tres tipos de experiencias :

Tipo 1. Caldera en condiciones normales

Tipo 2. Caldera con incorporación de magnetizadores en combustible y en línea alimentación agua

Tipo 3. Caldera con previa purga completa, lavado y recarga de agua ablandada

La experiencia tipo 3 se realizó para asegurarse que el agua de alimentación hubiera sido pasada a través de los magnetizadores y se pudiera iniciar un control de las deposiciones de sales en el lado del agua.

5. Se utilizaron 2 tipos de magnetizadores comerciales suministrados por su proveedor (1 para el combustible y uno para la línea de agua.

Línea de combustible: 3 dispositivos **NEO PLUS 6 FA**, de 6500 unidades de energía Gauss-Oersted , dimensiones de 2,5*8 cm puestas sobre tubería de inyección de combustible de 1/4 pulgada en acero inoxidable.

Línea de agua: 1 dispositivo **NEO PLUS 12 WA** Anillos de 13.000 unidades de energía Gauss-Oersted puestas sobre tubería de alimentación de agua de Cobre de 1,25 pulgada.

Las experiencias se realizaron en el período comprendido entre el 28 de Julio al 20 de Agosto de 2003.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las experiencias realizadas de acuerdo a la metodología empleada permitieron medir el consumo de combustible para los rangos: 1. Temperatura ambiente del agua en la caldera hasta alcanzar una presión del vapor de 10 psig.; 2. consumo para pasar desde caldera con vapor a 10 psig hasta 82 psig (presión de trabajo) y; 3. Consumo total desde el inicio hasta tener el vapor a 82 psig.

Para poder comparar el comportamiento de la caldera con relación a su operación normal se procedió a calcular el mejoramiento de la eficiencia con la incorporación de magnetos en las condiciones: 1. sin cambiar el agua del interior de la caldera y 2. Con purga total, lavado y carga fresca de agua ablandada.

El cálculo se realizó mediante la expresión:

Mejoramiento eficiencia (%) =
$$\frac{(\text{Consumo combustible caldera sin magnetos} - \text{Consumo combustible caldera con magnetos})}{\text{Consumo combustible caldera sin magnetos}} \times 100$$

En las tablas siguientes se presentan los resultados obtenidos:

TABLA 1
Mejoramiento eficiencia consumo combustible con magnetizadores y agua normal

Temperatura inicial agua °C	Mejoramiento Eficiencia Inicial hasta 10 psig %	Mejoramiento Eficiencia Rango 10-82 psig %	Mejoramiento Eficiencia total %
16	14,97	10,76	13,44
70	20,68	3,33	10,62
80	15,43	6,77	10,12

En la Tabla N° 1 se puede observar que la incorporación de magnetos permite ahorrar del orden de 10 % en el gasto de combustible.

TABLA 2
Mejoramiento eficiencia consumo combustible con magnetizadores y agua ablandada fresca

Temperatura inicial agua °C	Mejoramiento Eficiencia Inicial hasta 10 psig %	Mejoramiento Eficiencia Rango 10-82 psig %	Mejoramiento Eficiencia total %
16	15,12	13,08	16,29
80	7,63	16,78	11,16

En la Tabla N° 2 también se puede observar que a medida que el agua en la caldera adquiere propiedades que evitan la formación de depósitos en las áreas de intercambio de calor, el mejoramiento tiende a acrecentarse. Esta tendencia se acentuará y cuando la caldera pueda operarse una mayor cantidad de horas el ahorro podrá aumentar sensiblemente.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El uso de magnetizadores en la alimentación de combustible y agua en calderas permite un apreciable ahorro en el consumo de combustible, probablemente no menor del 10 %, y resulta muy atractivo para las empresas por las ventajas económicas que conlleva. Asimismo el uso en la alimentación de agua de dispositivos de transferencia de calor permitirá ahorrar reactivos y obtener operaciones sin manutención mas prolongada y en definitiva una vida útil mas larga de dichos dispositivos.

REFERENCIAS

Brigante, M.F. - U.S. Patent No.: 4,151,090.

Brown, M. J. "Magnetic water conditioner". U.S. Patent No.: 4,146,479. (EN), 1979.

Carpenter, R.K. - U.S. Patent No.: DES 252,306., 1981. Carpenter, R.K. - U.S. Patent No.: DES 267,987., 1982. Carpenter, R.K. - U.S. Patent No.: 4,367,143., 1983. Carpenter, R.K. - U.S. Patent No.: 4,367,143., 1983.

Carpenter, R.K. - Canadian Patent No.: 1,196,603., 1985.

Carpenter, R.K. "Corrosion", NACE - National Association of Corrosion Engineers", Corrosion 85, 1985

Clegg, J. S. and W. Drost-Hansen. "International and intracellular water; expected anomalies in dielectric properties". United States Department of Health, Education and Welfare Publication No. 78-BOSS, 1978.

Cope, F. W. "Magnetic monopole currents in flowing water detected experimentally by inverse ampere law and by Josephson junction, Implications for magnetic water and for immune processes at magnetic electrodes". Physiological Chemistry and Physics 12:21-28. (EN), 1980a.

Donaldson, J. and S. Grimes. "Lifting the scales from our pipes". New Scientist Feb.18:43-46. (EN), 1988.

Ellingsen, F. T. and H. Kristiansen. "Does magnetic water treatment influence precipitation of calcium carbonate from supersaturate solutions?" Vatten 4:309-315. (EN) 1979.

Grant, E. H. "Determination of bound water in biological materials from dielectric measurements". I. United States Department of Health, Education and Welfare Publication No. 7B-8055. (EN) 1978.

Great Britain Patent Office. "Method and apparatus for the treatment of fluids or solutions by electric fields". Great Brit~in Patent No.1 ,189,BB8. (EN) Date unknown.

Green, W. G. "Water conditioner". U.S. Patent No.: 2,939,830. (EN), 1960.

Harari, M. and I. J. Lin. "The effect of irrigation water exposed to magnetic treatment on the growth of sugar melons (cantaloupes) and tomatoes for industry". Magnets in Your Future 5(11):4-1 5, 30, (EN), 1991.

Harris, J.T. - U.S. Patent No.: 531,183. Sep. 22, 1953.

Kvajic. G. and M. Milosevic-Kavajic. "Magnetic field conditions of industrial waters". p. 153-160. Proceedings International Water Conference 40. Pittsburgh. (EN), 1979.

Kronenberg, K. J. "Magnetic water treatment demystified". Magnets 2(8):6-16, 27-? (EN), 1987

Kulish, P. A. "Apparatus for magnetic treatment of liquids". U.S. Patent No.: 4,605,498. (EN), 198

Kulish, P. A. "Magnet for the treatment of liquids or the like". U.S. Patent No.: Des. 289,674. (EN), 1987.

Lielmezs, J., H. Aleman and L. Fish. "Weak transverse magnetic field effect on the viscosity of water", Zietschdft fur Physikaliche Chemie Neue Folge 99:117-130. (EN), 1976.

Lin, I. J. and J. Yotvat. "Magnetic treatment of water used for agricultural purpose". Israeli Patent Applicaion No.091014, July 17, 1989.

Lin, I. J. and J. Yotvat. "Exposure of drinking and irrigation water for use in agriculture to magnetic treatment". Hassadeh 68(1 2):241 9-2421 (HE), 1988.

Lin, I. J. and J. Yotvat. "Electromagnetic treatment of drinking and irrigation water". Water and Irrigation Review 8(4):1 6-18. (EN), 1988.

Lin, I. J. and J. Yotvat. "Exposure of irrigation and drinking water to a magnetic field with controlled power and direction".Journal of Magnetism and Magnetic Materials 83:52~526. (EN), 1990.

Lin, I.J. and J. Yotvat. "Magnetic treatment of water and its contribution to agriculture". Magnets 5(5): 16-22. (EN), 1991.

Lin, I. J. and J. Yotvat " Magnetic treatment of water used for agricultural purposes". U.S. Patent No.: 5,009,791. (EN), 1991.

Lin, I. J. and J. Yotvat. "Magnetic treatment of water contributes to agriculture". Irigation Journal 41(1): 38A5. (EN). 1991

Martynova, O. I., A. S. Kopylov, E. F. Tebenikhin and V. F. Ochkov. "The mechanism of the influence of magnetic treatment of water on the process of scale formation and corrosion. Thermal engineering". 26(6):375-377. (EN), 1979.

Mathur-DeVre, R. "The molecular aspects of water in biological systems studies by NMR spectroscopy". Periodocum Biplogorum 84(1):51 -56. (EN), 1981.

Moody, D. G. "Method and apparatus for treatment of flowing liquids to control deposition of solid matter therefrom". U.S. Patent No.:3,228,878. (EN), 1966.

Risk, G. "Magnetic treatment devices for water pipelines". U.S Patent No.: 4,210,535. (EN), 1980.

Sanderson, C. H. "Water treatment device and method for manufacturing same". U.S. Patent No.: 4,153,559. (EN), 1979.

Syers, K. "Magnetic water and microfine sulphur". New Zealand Farmer 104(24):24-25. (EN), 1983.

Vermeiren, T. I. S. "Magnetic treatment device for liquids". U.S. Patent No.: 2,652,925. (EN), 1953.

Viswat, E.1 L. J. F. Hermans, and J. J. M. Beenakker. "Experiments on the influence of magnetic fields on the viscosity of water end water-NaCl solution". Phys. Fluids 25(10):1794-1796. (EN), 1952.