

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL EMPLEO DE AGUA TRATADA MAGNÉTICAMENTE EN SU VELOCIDAD DE CRISTALIZACIÓN

Josué Imbert González

Grupo de Refrigeración, Universidad de Oriente

Este trabajo tiene como objetivo principal estudiar la influencia del tratamiento magnético sobre el agua durante el proceso de formación del hielo, específicamente en el tiempo de formación de hielo. En el mismo se analiza directamente su repercusión en la velocidad de formación bajo la acción del campo magnético. Esta investigación se realiza enfocando el tiempo de formación de hielo como uno de los parámetros sobre los cuales se ha de influir para obtener una alta eficiencia y productividad en la búsqueda de la eficiencia en este tipo de producción.

Tomando como base los resultados de investigadores anteriores, acerca de la variación de determinadas propiedades termodinámicas del agua con el campo electromagnético, en el trabajo se analiza la variación en la velocidad de congelación del agua, al tratar la misma con campos magnéticos que van desde 500 a 2 000 G.

Los resultados de esta investigación demuestran que la aplicación de los campos magnéticos en un sistema energético puede traer aparejado un aumento de la eficiencia del sistema.

Palabras claves: *hielo, campo magnético.*

This article studies the influence of the magnetic field in the water, specifically during the ice making process. It is analyzed directly its repercussion in the velocity of formation under the action of the magnetic field. This investigation assumes the ice formation time as one of the parameters to obtain high efficiency and productivity in this type of production.

Taking as basis the results of previous researchers about the variation of determinate thermodynamical properties of the water with the electromagnetic field, it has been analyzed in the article the influence of the magnetic fields in a range from 500 to 2 000 G in the velocity of crystallization.

The results of this research demonstrate that the application of the magnetic fields in an energetical system may conduce to increase the efficiency.

Key words: *ice, magnetic field.*

Introducción

En la actualidad existen pocos países donde se fabrica el hielo en grandes plantas, debido a que con el desarrollo de las pequeñas plantas eficientes y capaces de situarse en el mismo lugar de consumo, este tipo de producción es inevitablemente antieconómica. En Cuba, como país tropical, el hielo ha sido uno de los productos más solicitados, tan así es que en los últimos años del período especial la demanda de este producto se ha incrementado para ser empleado en el enfriamiento, preparación de bebidas, conservación y transporte de algunos productos alimenticios, tanto el transporte marítimo como terrestre, formando parte de la cadena de frío.

Un gran por ciento del hielo que se consume en nuestro país se produce en fábricas con el sistema de

congelación indirecta; este es un método muy antiguo y presenta una serie de desventajas que se traducen en ineficiencia del proceso productivo.

Uno de los parámetros sobre el cual es necesario influir cuando se desea lograr en un sistema alta productividad es el *tiempo de formación de hielo*. Se ha demostrado que al utilizar un sistema de congelación directa, es decir, eliminando los refrigerantes secundarios, el coeficiente de transferencia de calor es muy superior y el proceso es notablemente reducido, incrementándose la eficiencia en el mismo.

Existen numerosos estudios de investigación realizados en el mundo /1, 3/, en los que se ha observado que en algunos casos, luego de tratar magnéticamente el agua, se hace apreciable la dis-

minución que experimenta el tiempo de formación de hielo.

El tratamiento magnético es empleado en la refrigeración desde la segunda mitad del presente siglo, logrando alcanzar las temperaturas cercanas al cero absoluto. En la actualidad, el tratamiento magnético ha encontrado utilización práctica en la disminución de los depósitos de sales en las paredes.

De acuerdo con la teoría de formación del hielo /2/, la formación de los centros cristalinos no ocurre en el líquido de forma espontánea, debe de propiciarse en él la formación alrededor de las minúsculas partículas sólidas de una película de líquido con determinadas propiedades de orientación molecular diferente del resto de la masa de líquido.

Materiales y métodos

El estudio se enfoca a través del análisis del comportamiento comparativo de la velocidad de congelación del agua tratada y no tratada, sometidas al mismo régimen térmico. De este análisis comparativo se espera obtener una dependencia cuantitativa y cualitativa de este proceso con la variación del campo electromagnético, lo que ayudará a conformar una idea más acabada de

este fenómeno y servir de base a la realización de otros experimentos

Instrumentos empleados

- Cronómetro Gama 0-60 s C.P.=0,2 s. Fabricación rusa
- Sensor de temperatura. Gama $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$. CP= 0,1 $^{\circ}\text{C}$. Termopar cromel alumel Tipo K. Marca Oxiguard. Fabricación alemana
- Equipo de refrigeración

Técnica operatoria empleada

1. Se vierten en dos probetas idénticas, 5 mL de agua tratada magnéticamente en una, y en la otra, 5 mL de agua no tratada. Este proceso fue efectuado valorando siete campos electromagnéticos entre 500 y 2 000 G.
2. Se ubicó un sensor de temperatura en el centro de cada probeta .
3. Las probetas fueron sometidas al mismo régimen térmico en un equipo de refrigeración. Ver figura 1.

Tomando la temperatura inicial del agua a través del sensor, se registraron de forma continua e intermitente (cada 5 min), mediciones de temperaturas del agua contenida en ambas probetas, hasta que la temperatura del hielo alcanza $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Se realizaron seis réplicas experimentales para cada inducción magnética empleada.

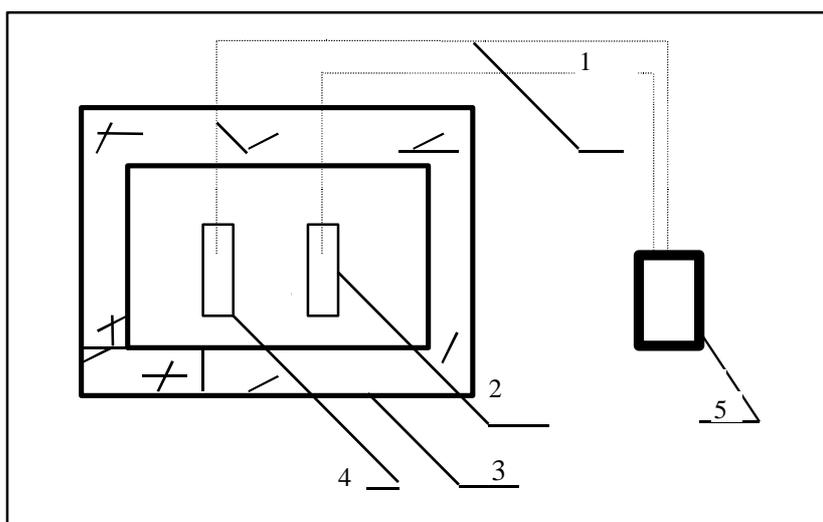


Fig. 1 Representación esquemática de la instalación experimental empleada en los experimentos. 1, cable del sensor de temperatura; 2, muestra de agua tratada; 3, equipo refrigerador; 4, muestra de agua sin tratamiento; 5, termopar.

Para el empleo de la instalación que se muestra en la figura 1, de acuerdo con los fines propuestos, fue necesario realizar con antelación a las corridas experimentales, pruebas para comprobar la existencia de un régimen térmico uniforme en toda la instalación. Con este enfoque se sometieron en seis oportunidades muestras semejantes al régimen de congelación señalado, no existiendo diferencias de temperatura en ningún caso por encima del error que admite el instrumento empleado ($E = 0,55 \%$).

Valoración de los resultados

Para el análisis de los resultados fue necesario representar de forma gráfica las curvas de enfriamiento (temperatura vs tiempo), de cada uno de los medios en cada experimento, figura 2, con el objeto de la variación en la velocidad de enfriamiento de cada muestra en forma comparativa. La representación comparativa entre los procesos de cristalización debió realizarse de forma independiente para cada experimento, pues de acuerdo con las posibi-

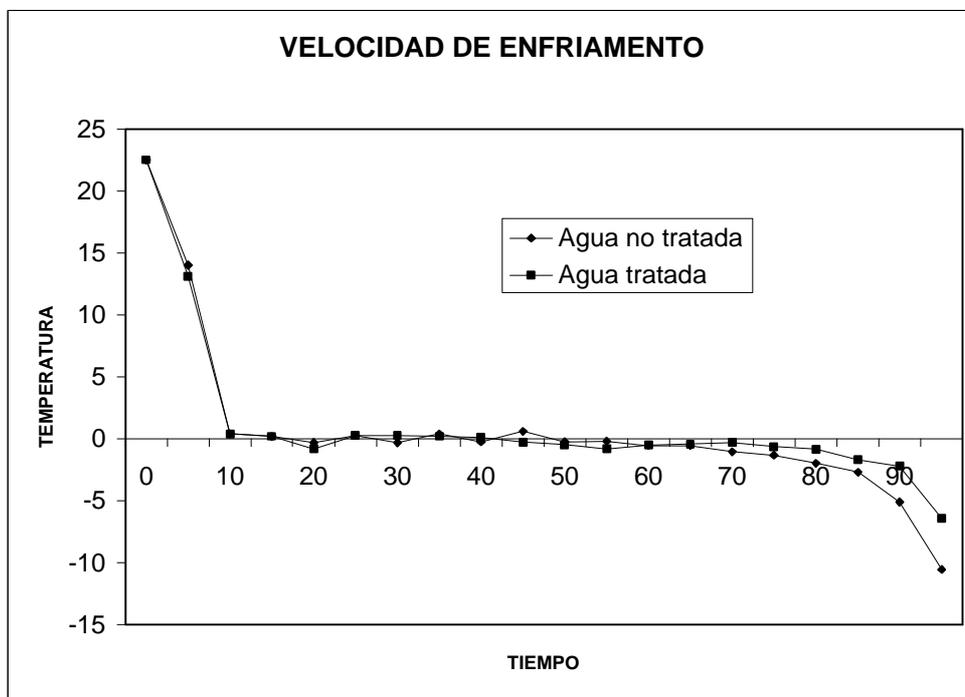


Fig. 2 Gráfica representativa de la variación de la velocidad de congelación en ambas muestras.

lidades de la instalación no fue posible mantener el mismo régimen de temperatura para todos los experimentos.

Como se puede apreciar en la figura 2, gráfica representativa presentada, puede apreciarse en las curvas obtenidas tres fases fundamentales en cada una de ellas. A continuación se explicará cada una de estas etapas.

La primera de estas fases constituye el enfriamiento del líquido, este enfriamiento se produce desde la temperatura inicial hasta cero grado. Es en

esta etapa donde no fue registrada, y así lo recoge la gráfica mostrada, ninguna diferencia entre los medios empleados durante la realización de los experimentos.

La segunda fase es el proceso de cristalización, el cual tiene inicio en el subenfriamiento del líquido. Este proceso, en el cual se expulsará la energía necesaria para la formación de los centros cristalinos, calor latente de congelación, durará hasta que esté formado completamente el hielo de la muestra. Durante este proceso de crecimiento de los crista-

les, el calor latente de cristalización expulsado es absorbido por el líquido, motivando el aumento de su temperatura.

De acuerdo con la teoría de formación del hielo, se aprecia en esta etapa la inexistencia de un subenfriamiento inicial que dé lugar a la formación de cristales estables, dado esto en lo fundamental por el empleo de una pared de cristal en los experimentos (tubos de ensayo), lo cual provoca la existencia de continuos subenfriamientos, por debajo de la temperatura de fusión del agua (0 °C) y ascensos, lo que provocará la formación y destrucción continua de los pseudocristales, hasta que tenga lugar la estabilidad de al menos varios cientos de centros cristalinicos, para que sea posible la formación del hielo y el descenso de la temperatura por debajo de la temperatura de fusión. En esta fase, según el análisis realizado y a pesar de que constituye la etapa de mayor duración en el proceso de formación de hielo, no se aprecia una diferencia entre las muestras de manera tal que se posibilite una

aceleración de la formación de centros cristalinicos. Desde el punto de vista que se analiza, no se tuvieron en cuenta las oscilaciones en la temperatura del líquido durante este proceso de formación de cristales, dado que sería una variación en la culminación en el mismo (la completa formación del sólido), lo que hubiera podido esperarse como positivo en este caso. En ninguno de los casos analizados, de acuerdo con los experimentos y las réplicas consideradas, se obtuvo una variación mas allá del valor de error permisible por el instrumento empleado.

La tercera de las fases es el enfriamiento de la fase sólida, fase esta que tiene lugar una vez que se ha solidificado toda la masa líquida. Es en esta etapa donde, de acuerdo con los experimentos realizados, se ha obtenido en todos los casos una separación en cuanto a régimen de velocidad de enfriamiento de ambos medios.

La tabla 1 ofrece la variación media experimentada (°C/min) para los campos empleados en los experimentos.

Tabla 1

| MEDIOS | Campos magnéticos empleados | | | | | | |
|-----------------|-----------------------------|------|-------------|------|-------------|------|------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII |
| Agua no tratada | 0,63 | 0,47 | <u>0,27</u> | 0,60 | <u>0,33</u> | 0,46 | 0,60 |
| Agua tratada | 0,25 | 0,31 | <u>0,48</u> | 0,23 | <u>0,53</u> | 0,23 | 0,33 |

En el análisis de los resultados se determinó la variación en la velocidad de enfriamiento de cada muestra en forma comparativa. Esto se realizó por medio de un software de regresión matemática (REMU6, versión 3.1) y de la serie polinómica obtenida de acuerdo con los valores alcanzados en los experimentos realizados.

Dentro de la gama de valores de inducción magnética empleada en los experimentos, se obtuvo que para dos de estos campos (III y V), la velocidad de congelación del agua magnetizada superó la velocidad de congelación del agua no tratada; esto conduce a afirmar que el cambio en la estructura del agua no se comporta de forma lineal con la variación de la inducción magnética, sino que existen valores puntuales o en rangos muy pequeños, para los

cuales la orientación molecular favorece el proceso de congelación.

Cabe destacar que en los valores de inducción magnética para los que se obtuvieron las velocidades de congelación superiores a las del agua no tratada, uno de ellos coincide con el valor para el cual se obtuvo la menor disminución de la capacidad calorífica del agua, de acuerdo con estudios anteriores. /5/

Luego de este análisis es posible pensar que el tratamiento electromagnético pudiese ocasionar variaciones en las propiedades termodinámicas del agua, tales como su calor latente de fusión y su conductividad térmica en fase líquida y sólida. Teniendo en cuenta el análisis expuesto por fases en este trabajo, se hace evidente que las mayores

variaciones se han producido en la conductividad térmica en fase sólida.

Conclusiones

1. Los experimentos desarrollados reafirman que el proceso de cristalización del agua se puede ver notablemente afectado, positiva o negativamente, por la aplicación de tratamiento magnético.
2. La variación determinada en la velocidad de congelación del agua tratada, con respecto al agua no tratada en la zona de enfriamiento sólido, evidencia que existen campos para los cuales el proceso de cristalización se ve afectado favorablemente, existiendo otros que afectan de forma negativa este proceso.
3. Los experimentos realizados para la determinación de la variación de la velocidad de

formación del hielo pueden tomarse como aceptables y concluyentes sobre la influencia del campo magnético en la velocidad de congelación; sin embargo, para obtener mayor información deberá ampliarse la gama de las intensidades y el tiempo de exposición para futuros experimentos.

Bibliografía

1. Klassen, *Tratamiento magnético de los sistemas acuosos*, Moscú, Editorial Mir, 1983.
2. Chepurnenko, V.; Brossard, L. F., *Manual de refrigeración y aire acondicionado*, t. II, ISPJAM, 1985.
3. Pilatowki, I., *Métodos de producción de frío*, 1ra. edic., México, Universidad Autónoma de México, 1993.
4. Neil, A., Estudio del cambio de la capacidad calorífica del agua tratada magnéticamente, Proyecto de Curso, 1998.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE

Facultad de Ingeniería Mecánica

Cursos de superación profesional



DIPLOMADOS

CURSO 1999-2000

Título: Tecnología de construcción de maquinarias

Contenido: Formación del profesional en los diversos métodos de elaboración como la soldadura, conformación, manufactura y control de calidad

Coordinador: Ing. Manuel Mallo Gallardo, P.T.

Fecha: Noviembre 1999

Total de horas: 200

Centro solicitante: SIME, PLAMEC, MINAZ

Título: Explotación y reparación automotriz

Contenido: Formación e ingeniería para planificar y controlar la explotación de máquinas automotrices y su mantenimiento técnico

Coordinador: Dr. Juan A. Pajarín Rodríguez, P.T.

Fecha: Octubre 1999

Total de horas: 200

Centro solicitante: Oferta

Copyright of Tecnología y Química is the property of Dirección de Información Científico-Técnico. The copyright in an individual article may be maintained by the author in certain cases. Content may not be copied or emailed to multiple sites or posted to a listserv without the copyright holder's express written permission. However, users may print, download, or email articles for individual use.