

## Lo cierto y lo falso en el tratamiento magnético del agua y los combustibles

A. González Arias

Dpto. Física Aplicada, Facultad de Física, Universidad de La Habana, Cuba; arnaldo@fisica.uh.cu

Recibido el 11/08/2008. Aprobado en versión final el 15/11/08.

**Sumario.** El tratamiento magnético del agua reduce la formación de costras de carbonato de calcio en calderas y tuberías. Factores importantes a tomar en cuenta son la intensidad y distribución de los elementos magnéticos, la velocidad del agua y el material con que está hecha la tubería. Sin embargo, a veces el procedimiento ha sido designado como 'pseudociencia', quizás porque junto a los reportes fundamentados también aparecen a menudo reportes ficticios. Una revisión de artículos recientes ilustra la validez del procedimiento cuando se aplica para reducir las costras. Se comentan algunos reportes sobre otros tratamientos magnéticos no demostrados.

**Abstract.** Magnetic water treatment causes a decrease of calcium carbonate crusts in pipes and boilers. Main parameters to take into account are the intensity and distribution of magnetic elements, water velocity and pipe material. However, sometimes the procedure has been labeled as 'pseudoscience', maybe because together with the proved reports, fictitious ones often also appear. A review on recent papers show the validity of the procedure when applied to suppress crusts. Some reports about other non-demonstrated magnetic treatments are mentioned.

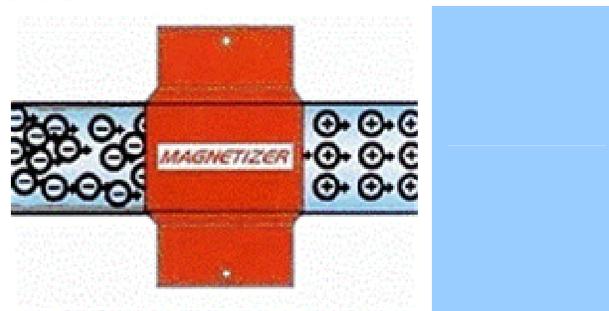
**Palabras clave.** Electromagnetic fields, 03.50.De, 41.20.-q, effects on material flow, 83.60.Np

### 1 Antecedentes

Es conocido que el tratamiento magnético del agua afecta el comportamiento físico de las incrustaciones en las calderas y tuberías, aunque a veces el procedimiento se critique como 'pseudociencia' en algunos sitios WEB escépticos. Una posible causa de las críticas es que, junto a los reportes sobre efectos demostrados, en ocasiones aparecen otros reportes sobre supuestos efectos no demostrados; se echa en el mismo saco lo ficticio junto a lo real.

Algunos de estos efectos no demostrados son el reforzamiento de la resistencia del hormigón hasta en un 50%, el incremento de la eficiencia de la flotación de minerales en procesos industriales y muy diversas aplicaciones médicas y sanitarias. El efecto de los campos magnéticos en la germinación y desarrollo de las etapas tempranas del maíz ha sido estudiado recientemente en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

de Madrid, obteniéndose efectos detectables en la germinación.<sup>1</sup>



**Figura 1.** Según este anuncio comercial, las partículas 'negativas' del agua se vuelven 'positivas' tras el tratamiento, y se ordenan como si fueran soldados marchando al unísono.

Cuando los autores compararon los grupos tratados con los grupos de control, encontraron que un por ciento es-

tadísticamente significativo de semillas germinó antes, y las plantas alcanzaron un mayor desarrollo en las primeras etapas de crecimiento. A los 10 días de la germinación se obtuvo un mayor incremento de tamaño y peso en las semillas tratadas, resultados que coinciden con los de otros investigadores (se citan 10 referencias). Sin embargo, tales resultados no garantizan de manera alguna un posterior incremento de las cosechas, como se alega en otros sitios. El artículo no propone un mecanismo que explique los efectos observados.

Los anuncios comerciales poco escrupulosos contribuyen en gran medida a divulgar fantasías de todo tipo. En la figura 1 se muestra el esquema de un magnetizador comercial y su supuesto efecto sobre el agua. Según el esquema, las partículas ‘negativas’ –cualesquiera que sean– se vuelven ‘positivas’ tras el tratamiento magnético. Además, se ordenan como si fueran los momentos magnéticos de un sólido ferromagnético saturado, lo que resulta en un absurdo por partida doble.<sup>2</sup>

En el mencionado sitio se afirma que el tratamiento proporciona los siguientes beneficios –ninguno de ellos demostrado: reducción de la irritación de los ojos y la piel en piscinas, acción desodorizante, reducción de los costos de los tratamientos con cloro u otros agentes químicos, reducción de la tensión superficial, estabilización del pH, eliminación más efectiva de las lociones y aceites untados en la piel y una sensación más ‘sedosa’ del agua. Se cita, como último punto, el único realmente comprobado, la reducción de las costras e incrustaciones. Otros alegan que el tratamiento magnético proporciona al agua propiedades curativas o antisépticas, lo que también carece de fundamento.<sup>3</sup>

La supuesta mejora en la eficiencia de los combustibles sometidos a tratamiento magnético merece un comentario aparte, pues este argumento resurge reiteradamente cada pocos años y, aunque existen muchas patentes sobre el tema, la demostración de la efectividad del procedimiento nunca aparece. Una búsqueda efectuada en agosto de 2008 en el sitio WEB especializado [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) encontró 40 artículos publicados de 1974 a la fecha que se relacionan de alguna manera al tratamiento magnético del agua. No surgió ninguno respecto al tratamiento magnético de combustibles. En el sitio <http://www.csicop.org/si/9801/powell.html>, se reporta una búsqueda anterior con similares resultados. Sólo aparecen resultados anecdóticos.

Por ejemplo, en un artículo publicado en 2008 en la revista *Applied Thermal Engineering*<sup>4</sup> se lee que durante la Segunda Guerra Mundial la fuerza aérea de los EE.UU. ensayó la colocación de imanes e junto a los conductos de combustible en los motores de los cazas P51 Mustang para mejorar su desempeño. Sin embargo, al buscar la fuente original, lo que aparece es la página particular de la familia Shelley, donde se pueden encontrar opiniones y reportes sin referencias sobre casi cualquier cosa.<sup>5</sup>

El método convencional para estudiar la eficiencia de un motor de de combustión interna es mediante un banco

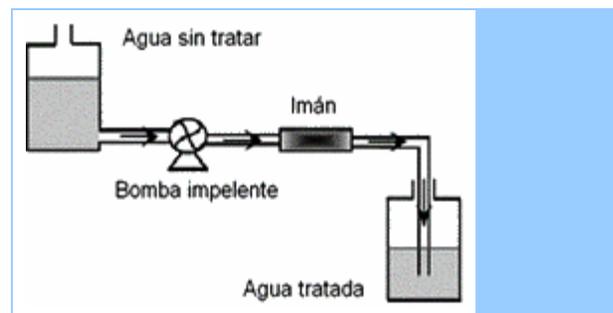
de pruebas como el de la figura 2, donde se controlan los diversos reglajes del motor, su régimen de trabajo a distintas potencias y demás variables de interés, amén del consumo de combustible. Los entusiastas de aplicar el tratamiento magnético a combustibles nunca reportan tales estudios, proponiendo en su lugar resultados donde intervienen de manera esencial factores totalmente subjetivos.<sup>6</sup>



**Figura 2.** Banco de pruebas para motores de combustión interna.<sup>7</sup>

## 2 El tratamiento magnético

La primera patente alegando el efecto del tratamiento magnético del agua sobre las costras data de 1946.<sup>8</sup> A partir de ahí han aparecido muchas otras, así como una gran cantidad de reportes de todo tipo, artículos y dispositivos comerciales. El esquema de un montaje convencional de laboratorio para aplicar tratamientos magnéticos y su posterior estudio aparece en la figura 3.



**Figura 3.** Esquema de un dispositivo de laboratorio para obtener agua tratada magnéticamente (ref. [16]).

El agua se hace pasar por una tubería a determinada velocidad a la vez que se aplica un campo magnético externo. Usualmente se estudia la dependencia del efecto en función de la velocidad del agua y la intensidad del campo aplicado, además de la influencia de otros posibles parámetros como la temperatura.

Un artículo resumen de 1996 lista más de 80 referencias con reportes que indican la reducción en la formación de costras, la aparición de costras menos tenaces, la remoción de las ya existentes y el mantenimiento de las propiedades durante horas (hasta 130) tras aplicar el tra-

tamiento. Se citan investigaciones que tanto confirman como rechazan estas conclusiones, sin llegar a un resultado concreto. Los mecanismos propuestos para explicar estos efectos comprenden a) interacciones intraionicas o intramoleculares, b) efectos causados por la fuerza de Lorentz, c) disolución de contaminantes d) efectos de interfase y e) cambios en la morfología de los cristales.<sup>9</sup> Se ha considerado incluso la posibilidad de un efecto puramente mecánico, a causa de la influencia del campo magnético al crear turbulencias en el flujo líquido.<sup>10</sup>

Una gran parte de las dudas que existían sobre el tratamiento se disiparon cuando Coey y Cass, tras examinar más de 100 muestras, reportaron en una revista especializada en magnetismo que los sedimentos de *calcita* obtenidos usualmente al evaporar el agua con iones  $\text{Ca}^{2+}$  se convertían en *aragonita* al aplicar el tratamiento. Calcita y aragonita son diferentes fases cristalinas del carbonato de calcio  $\text{CaCO}_3$ . Una ilustrativa discusión crítica acerca de las propiedades de las fases sólidas del  $\text{CaCO}_3$  y del ion  $\text{Ca}^{2+}$  en disolución ha sido publicada recientemente por Prisyazhniuk.<sup>11</sup>

Tras el tratamiento magnético, Coey y Cass almacenaban el agua durante un intervalo de tiempo  $t_i$  previo a su calentamiento en un beaker a  $80^\circ\text{C}$  para formar los sedimentos. Las fases sólidas se recolectaban posteriormente del fondo del beaker y se analizaban mediante DRX y microscopía electrónica (figura 4). La relación de fases calcita/aragonita se evaluó midiendo el área de los picos de difracción de la calcita (104) y los (111) y (102) de la aragonita.

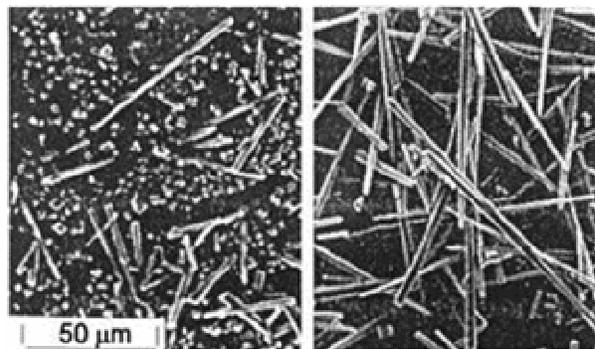
El tiempo de almacenamiento previo  $t_i$  varió de 0 a 200 horas, y la velocidad de flujo en la tubería entre 0.04 y 1.2 m/s. Se encontró un incremento notable del cociente aragonita/calcita con el tratamiento magnético, alcanzando un máximo para  $t_i \sim 40$  horas. A partir de ahí el cociente se mantuvo invariable hasta las 200 horas. No encontraron diferencias al variar la velocidad de flujo durante el tratamiento<sup>12</sup>, lo que coincide con reportes posteriores de otros autores<sup>13</sup>, aunque otros lo contradicen.<sup>14</sup>

Kobe et al. han confirmado los resultados acerca de las fases que cristalizan, reportando además la presencia de *vaterita*, una modificación cristalina metaestable que a menudo precipita primero para transformarse rápidamente a calcita.<sup>15</sup>

Gabrielli et al. midieron la concentración de iones  $\text{Ca}^{2+}$  por métodos electroquímicos a la salida de un dispositivo magnetizador, usando electrodos selectivos al  $\text{Ca}^{2+}$ . Encontraron que a velocidades tan bajas como 7.4 cm/s se observa una reducción apreciable de la concentración de iones Ca (15% en la figura 5), que alcanza un valor de 25% cuando la velocidad es de 1.8 m/s, sin que haya mayor reducción a partir de ese valor de velocidad (figura 5).<sup>16</sup>

Lo anterior indica que el tratamiento magnético activa de alguna manera la precipitación del carbonato, que queda en suspensión en el líquido y no puede contribuir a la conductividad ni cristalizar posteriormente en las pa-

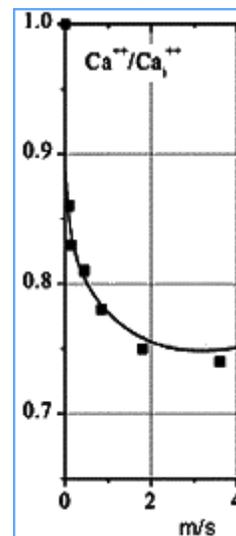
redes de la tubería.



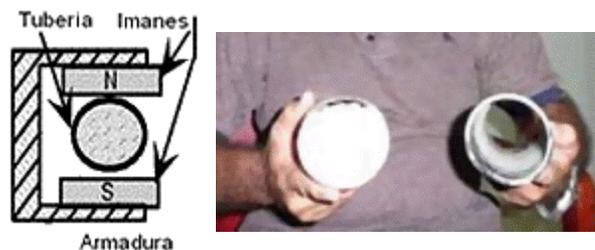
**Figura 4.** Diferencias en los sedimentos a partir de agua no tratada (izq., calcita) y tratada (der., aragonita) (ref.[12])

Para regular el tiempo de exposición al campo magnético a una velocidad determinada se utilizaron hasta 5 pares de imanes consecutivos como el de la figura 6, con una separación (gap) de 40 mm y espaciados a 12 mm a lo largo del tubo. Se emplearon diversas configuraciones (alternando o no la polaridad de los imanes colocados consecutivamente).

En el caso de la geometría alternada la variación de la inducción magnética  $\mathbf{B}$  en el gap fue de + 200 hasta - 200 mT. Cuando todos los imanes se colocaron con la misma polaridad la variación fue de 175 mT. Se observó una clara mejoría de la eficiencia del dispositivo cuando se incrementó la longitud de la sección sometida al campo magnético, que fue aun más marcada cuando los imanes se colocaron con la polaridad alternada.



**Figura 5.** Concentración de iones calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) en el agua a la salida de un dispositivo magnético en función de la velocidad de flujo, con relación a la concentración a la entrada ( $\text{Ca}_i^{++}$ ) (ref. [16]).



**Figura 6.** Sección transversal de la tubería y ubicación de los imanes permanentes (izq). Incrustación en tuberías industriales sin y con el tratamiento magnético aplicado (CIEGOPLAST, Ciego de Ávila) (der).

Para medir la efectividad de sus tratamientos Gabrielli et al. introducen un ‘poder incrustante’ (scaling power) sin definirlo previamente. Lo expresan en  $\text{mg}/\text{cm}^3$  a partir de mediciones realizadas con una microbalanza de cuarzo, y los gráficos de ese parámetro en función del tiempo muestran variaciones apreciables. Sin embargo, al tomar los valores reportados en  $\text{mg}/\text{cm}^3$  y dividirlos por los correspondientes intervalos de tiempo en el gráfico ( $\text{mg}/\text{cm}^3/\text{min}$ ) para las diferentes velocidades de flujo, los resultados muestran una variación muy pequeña de ese parámetro. Para el agua no tratada se obtienen  $0.020 \text{ mg}/\text{cm}^3/\text{min}$ , y se mantiene prácticamente sin variación para un flujo de  $7.4 \text{ cm}/\text{s}$  reduciéndose a  $0.014 \text{ mg}/\text{cm}^3/\text{min}$ , cuando el flujo aumenta a  $88.5 \text{ cm}/\text{s}$ . La diferencia reportada en  $\text{mg}/\text{cm}^3$  se debe a que la deposición se inicia más tardíamente cuando se aplica el campo magnético, lo que no se discute en el artículo. De ahí que no quede clara la utilidad del ‘poder incrustante’ como parámetro para evaluar la eficacia de los tratamientos magnéticos.

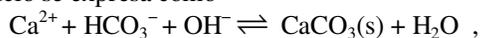
Se ha sugerido que el tratamiento magnético podría ser efectivo sólo a bajos niveles de pH y con una relativa sobresaturación en agua recirculante dentro del sistema de magnetización<sup>17</sup>. Sin embargo, la eficacia del tratamiento se observa no sólo en las nuevas deposiciones de carbonato, sino también en las costras formadas con anterioridad. Existen reportes de que cuando se aplica el tratamiento las costras ya formadas desaparecen<sup>18</sup>. El autor tuvo la oportunidad de asistir, hace ya algunos años, a una reunión resumen nacional sobre las experiencias de la aplicación del tratamiento magnético en diversos centrales o fábricas de azúcar. En algunos casos el efecto fue tal que el desprendimiento de las costras obstruyó las tuberías y fue necesario interrumpir la producción. El tratamiento magnético se aplica regularmente en muchas otras instalaciones nacionales (figura 6).

### 3 La química-física de las costras

Un criterio bastante generalizado sobre lo que ocurre en el agua expresa que el tratamiento magnético favorece la formación de partículas de carbonato en el seno del líquido a partir del carbonato disuelto. Una vez en fase sólida, ese carbonato ya no puede nuclear ni cristalizar en la pared de la tubería. Las micropartículas formadas son arrastradas por el flujo de agua y se pueden eliminar filtrando o extrayendo el lodo resultante.

Otros atribuyen el efecto del tratamiento magnético a la supresión de la nucleación y a la aceleración del crecimiento de los cristales<sup>19</sup>.

El mecanismo global de la precipitación del carbonato de calcio se expresa como



lo que significa que en el seno del líquido los iones de  $\text{Ca}^{2+}$  están rodeados por aniones de carga negativa, formando complejos con una estructura estable, cualquiera sea su distribución espacial.

En el sistema de referencia ligado a los iones en mo-

vimiento, los iones ‘ven’ una inducción magnética  $B$  creciente o decreciente según se acerquen o se alejen del imán ( $\partial B/\partial t \neq 0$ ) y el correspondiente campo eléctrico  $E$  expresado por la ley de Faraday,

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} .$$

Sobre los iones de carga (+) actuará la correspondiente fuerza  $\vec{F} = q\vec{E}$ , mientras que en los de carga (-) la fuerza será de sentido contrario. Si la polaridad del imán se invierte, también se invierten repulsión y atracción. Si se colocan dos imanes consecutivos con la polaridad alternada, sería de esperar un mayor gradiente de  $B$  y un mayor efecto del campo magnético.

La molécula de agua posee un momento dipolo  $\vec{p}$  significativo, por tanto sobre las moléculas no disociadas también se ejercerá el correspondiente torque  $\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$ .

En un sistema de referencia unido a la tubería, la descripción se basa en la relación de Lorentz  $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$  (donde  $v$  es la velocidad de la partícula), que proporciona el mismo resultado. Si la fuerza de interacción es suficientemente intensa será capaz de perturbar o romper el orden a corto alcance entre los iones e iniciar algún tipo de transformación. Este punto de vista se conoce en la literatura como modelo magnetohidrodinámico (MHD).<sup>20,21</sup>

La distribución térmica de velocidades en los iones podría ser la explicación de por qué aun con campos magnéticos pequeños se observen variaciones en la cristalización. Una pequeña fracción de los iones tendría siempre la velocidad adecuada para interactuar sensiblemente con el campo magnético. También sería de esperar que más allá de cierto valor del campo la inducción magnética sea suficiente como para superar la distribución térmica de velocidades en todas las posibles direcciones, y tenga lugar una cierta ‘saturación magnética’ del fenómeno.

Más allá de estas consideraciones generales, no existen modelos detallados que logren abundar en la explicación física de lo que sucede realmente<sup>22</sup>.

### 4 Influencia del material de la tubería

Al aplicar el tratamiento magnético varias veces haciendo pasar el líquido repetidamente por la tubería, Gabrielli et al. han encontrado resultados disímiles utilizando tuberías de acero inoxidable, cobre y dos diferentes tipos de cloruro de polivinilo (uno transparente y flexible y el otro rígido y opaco, del tipo usado en trabajos de plomería). Aparecen reducciones del contenido de  $\text{Ca}^{2+}$  de un 28% para el acero y el cobre, mientras que para el PVC duro fue del 18% y prácticamente cero para el PVC blando.

Explican el fenómeno a partir de la existencia de potenciales de flujo en la tubería que dependen de la velocidad<sup>23</sup> y de la perturbación del perfil de flujo al aplicar el campo magnético<sup>24</sup>. El efecto combinado podría hacer

variar la distribución de carga en las cercanías de las superficies de contacto, alterando el equilibrio iónico local en las paredes y generando núcleos por precipitación. La aparición de núcleos sólidos en las paredes formaría semillas que facilitarían el crecimiento posterior de las partículas de carbonato. Como el potencial de flujo depende tanto de la velocidad como del material de la tubería, esto podría explicar las diferencias que se observan cuando el material de la tubería varía.

## 5 Conclusiones

El tratamiento magnético del agua mediante la aplicación de un campo magnético externo a una tubería con agua en movimiento es un procedimiento ampliamente comprobado para eliminar las costras. Factores importantes a tomar en cuenta son la intensidad y distribución de los elementos magnéticos, la velocidad del líquido y el material con que está hecha la tubería. No todos los autores están de acuerdo en la importancia relativa de estos parámetros, quizás por las diferentes condiciones en que han sido realizados los experimentos. Tampoco existe una teoría que explique satisfactoriamente todos los efectos que se observan.

Los reclamos publicitarios afirmando que el tratamiento magnético aporta al agua propiedades curativas o antisépticas carecen de fundamento. Y a pesar de las muchas patentes que surgen cuando se realiza una búsqueda bibliográfica, tampoco se ha demostrado que el tratamiento magnético aplicado a combustibles mejore su eficiencia; los resultados científicos que avalen tal afirmación nunca aparecen.

## Referencias

1. Mercedes Flóreza, María Victoria Carbonella and Elvira Martínez, Exposure of maize seeds to stationary magnetic fields: Effects on germination and early growth *Environmental and Experimental Botany*, Vol. 59, Issue 1, p. 68-75, Jan. (2007).
2. <http://www.magnetizer.net/spa/spa.htm> 5525swamp rd., fountainville, pa 18923-9612 (visto en agosto 7, 2008)
- 3 A. González Arias, The Magnetotherapy Delusion, *Rev. Cub. Física* vol. 24 No. 2 p. 122-126, (2007)
4. V. A. Prisyazhniuk, Magnetic treatment, phase transitions, entropy, structure, and others, *Applied Thermal Engineering*, Vol. 28, Issue 13, Pages 1694-1697, Sept. (2008).
5. <http://www.shelleys.demon.co.uk/magnets.htm> and <http://www.shelleys.demon.co.uk/> (Agosto 8, 2008).
6. 'Tropiezos del magnetismo', *Granma*, Año 12, No. 213, <http://granma.co.cu/> Agosto 1 (2008).
7. <http://www.sc.ehu.es/nmwmi/gaj/bancomot.htm>, visto el 7 de agosto de 2008.
8. Process and apparatus CEDI, US Patent 2,596,743, issued to T.I.C. Vermeiren, EPURO joint-stock company (Antwerpen, Belgium) 01.10.(1946).
9. John S. Baker and Simon J. Judd, Review, Magnetic amelioration of scale formation, *Water Research*, Volume 30, Issue 2, Pages 247-260, February (1996).
10. K.W. Busch and M.A. Busch, Lab. studies on magnetic water treatment and their relationship to a possible mechanism for scale reduction, *Desalination*, Volume 109, Issue 2, Pages 131-148, May 1997.
11. Vitaly A. Prisyazhniuk, Magnetic treatment, phase transitions, entropy, structure, and others, *Applied Thermal Engineering* 28, 1694-1697, (2008).
12. J. M. D. Coey, Stephen Cass, Magnetic water treatment, *J. of Mag. and Mag. Mat.*, Vol. 209, 1-3, Pages 71-74, (2000).
13. Sergej Kneza, and Ciril Poharb, The magnetic field influence on the polymorph composition of CaCO<sub>3</sub> precipitated from carbonized aqueous solutions, *J. of Colloid and Interface Science*, Vol. 281, 2, 15 Pages 377-388, Jan. (2005).
14. Mohamed Tilia, Mohamed Ben Amora, Claude Gabriellib Fathi Alimia, George Maurin; Influence of magnetic field on calcium carbonate precipitation, *Desalination* 206 163-168, (2007).
15. S. Kobe, G. Dražić, P. J. McGuinnessa and J. Stražišar, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* Vol. 236, 1-2, p. 71-76, (2001).
16. C. Gabrielli, R. Jaouhari, G. Maurin and M. Keddama, Magnetic water treatment for scale prevention, *Water Research*, Vol. 35, 13, p. 3249-3259 (2001).
17. Clifford Y. Taia, Meng-Chun Changa, Rong-Jong Shieha and Ted G. Chenb, Magnetic effects on crystal growth rate of calcite in a constant-composition environment, *Journal of Crystal Growth* Vol. 310, Issue 15, 15, Pages 3690-3697, July (2008).
18. L.C. Lipusa, and D. Dobersek, Influence of magnetic field on the aragonite precipitation, *Chemical Engineering Science*, Volume 62, Issue 7, p. 2089-2095, April (2007).
19. Barrett, R.A. and Parsons, S.A., The influence of magnetic fields on calcium carbonate precipitation. *Water Res.* 32, pp. 609-612, (1998).
20. Maydatchevsky G. Application des equations de l'electrodynamique et de l'hydrodynamique a` un milieu liquide. Action d'une induction magnetique radiale sur un e'coulement annulaire. *Proc. Journées Inform. Eaux, Conf.* 65, 1-16. (1998).
21. Busch K. W., Busch M. A., Parker D. H., Darling R. E. and McAtee J. L. Studies of a water treatment device that uses magnetic fields. *Corrosion* 42, 211-221. (1986).
22. A.D. Kneza, and S.A. Parsons, A spectrophotometer-based study of magnetic water treatment: Assessment of ionic vs. surface mechanisms, *Water Research*, Volume 40, Issue 3, p. 517-524, February (2006).
23. Newman J. *Electrochemical Systems*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ (1973).
24. Martemianov S. and Sviridov A.; Study of near wall hydrodynamics and mass transfer under magnetic field influence. In *Transfer Phenomena in Magnetohydrodynamic and Electroconducting Flows*, eds A. Alemany, Ph. Marty and J. P. Thibault pp. 229-240. Kluwer Academic Pub, Dordrecht, The Netherlands. (1999).