

Recipientes con temperatura autolimitada para calentamiento por inducción domestico

Alberto Pascual¹, Jesús Acero¹

¹ Afiliación: Grupo de Electrónica de Potencia y Microelectrónica (GEPM)
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)
Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain.
Tel. +34-976762707, e-mail: a.pascual@unizar.es

Resumen

Se presenta una solución, basada en materiales con baja temperatura de Curie, para la fabricación de recipientes que autolimitan su temperatura sin la necesidad de incorporar ningún sensor adicional. Este sistema permite mejorar la experiencia del usuario en el cocinado, evitando que los alimentos se sobrecalienten y además mejora la seguridad del sistema, protegiéndolo de posibles incendios en caso de distracciones en el cocinado o abandono del recipiente.

Introducción

La inducción se ha convertido en la tecnología de calentamiento preferida para uso doméstico [1], sustituyendo a las tecnologías tradicionales de cocinado. En comparación con estos, los sistemas domésticos de inducción presentan ventajas considerables, como mayor eficiencia y seguridad, un calentamiento más rápido, etc. [2]. Sin embargo, esta tecnología es que requiere el uso de recipientes fabricados con materiales adecuados para inducción, ya que, de lo contrario, la energía que puede transmitirse al recipiente es muy pequeña.

No obstante, es posible aprovechar esta limitación física para la autolimitación de la temperatura en los recipientes de cocina sin necesidad de electrónica adicional. Esto se puede conseguir mediante el uso de materiales que a temperatura ambiente son válidos para inducción, pero que a partir de cierta temperatura limite, sus propiedades electromagnéticas cambian y pierden sus capacidades de calentamiento por inducción. Un ejemplo de estos materiales son las aleaciones con baja temperatura de Curie (T_{curie}), por encima de la cual, un material ferromagnético pierde su magnetismo y por tanto su permeabilidad magnética (μ) desciende considerablemente.

Por lo tanto, la fabricación de recipientes con un material cuya T_{curie} se encuentre dentro del rango de interés de la aplicación, entre los 100 °C (ebullición

del agua) y 250 °C (fritura), abre las posibilidades a la creación de recipientes específicos para diferentes procesos de cocinado en los cuales la temperatura máxima que pueden alcanzar los alimentos dentro de él está limitada por la T_{curie} del recipiente.

Además, la limitación de temperatura proporciona capacidades de autoprotección contra el sobrecalentamiento del sistema, evitando que se puedan provocar incendios en caso de distracciones o abandono del recipiente durante el cocinado. Finalmente cabe destacar que esta solución no requiere sensores adicionales, ni comunicación con la placa, lo que la convierte en una opción económica y sencilla para la protección contra el sobrecalentamiento y la limitación de la temperatura.

Autolimitación de la temperatura

La idoneidad de un material para el calentamiento por inducción puede explicarse por su resistencia de lámina a una determinada frecuencia (f) [3]. Esta resistencia se expresa en Ω/\square de la siguiente manera:

$$R_l = \frac{1}{\sigma \cdot \delta} = \sqrt{\frac{\pi \cdot \mu \cdot f}{\sigma}} \quad (1)$$

Donde σ es la conductividad eléctrica, δ la profundidad de penetración y μ la permeabilidad magnética. Si esta resistencia es demasiado alta, como en el caso de los materiales no conductores, no es posible inducir una corriente suficiente para lograr un calentamiento perceptible por efecto Joule y si es demasiado baja, como en el caso de los materiales no ferromagnéticos, no se transmite suficiente potencia al recipiente para calentarlo.

Actualmente existen fabricantes que ofrecen aleaciones con T_{curie} preestablecida. A partir de esta temperatura, la μ desciende considerablemente y por tanto también lo hace su R_l . Tomando como referencia las aleaciones de la Fig. 1 y la Ec. 1 se puede observar que una vez las aleaciones superan esta temperatura su R_l es 15 veces menor y por tanto

la potencia disipada en la carga no es suficiente para compensar las pérdidas térmicas y seguir calentando.

Prueba de concepto

Se han construido dos prototipos de recipiente, cada uno con un material con diferente T_{curie} con una fina capa de aluminio encima para mejorar distribución la térmica. Se han probado el concepto con una placa de inducción comercial, que se muestra en la Fig. 2 de la que se han medido el comportamiento eléctrico y térmico del sistema. Se ha trabajado durante todo el experimento a una frecuencia constante de 75 kHz y una corriente eficaz suministrada al inductor de 7 A.

Como se puede ver en la Fig. 3 en ambos casos cuando se acercan a su T_{curie} la temperatura tiende a estabilizarse en torno a ese punto, limitando la temperatura máxima que se alcanza. En la Fig. 4, que muestra la evolución de la R_{eq} , la cual se asocia con la potencia total disipada en el sistema, se aprecia que la R_{eq} y por tanto la capacidad para disipar potencia cae considerablemente conforme se acercan a su T_{curie} . Cuando sobrepasan este punto la potencia disipada apenas puede superar las pérdidas térmicas, haciendo que la temperatura se estabilice.

Conclusiones

En este trabajo se presenta una solución para la autolimitación de la temperatura en los recipientes de

cocina que está basada en el uso de materiales con baja temperatura de Curie y por tanto no requiere de ningún sensor adicional. Esta solución se trata de una opción económica y sencilla para evitar que se quemen los alimentos y mejorar la seguridad del sistema.

El sistema de autolimitación de temperatura se ha validado experimentalmente mediante la fabricación de dos prototipos de recipiente con diferentes T_{curie} .

REFERENCIAS

- [1] P. Vishnuram, G. Ramachandiran, T. S. Babu, and B. Nastasi, "Induction Heating in Domestic Cooking and Industrial Melting Applications: A Systematic Review on Modelling, Converter Topologies and Control Schemes," *Energies* 2021, Vol. 14, Page 6634, vol. 14, no. 20, p. 6634, Oct. 2021, doi: 10.3390/EN14206634.
- [2] O. Lucia, P. Maussion, E. J. Dede, and J. M. Burdio, "Induction heating technology and its applications: Past developments, current technology, and future challenges," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 61, no. 5, pp. 2509–2520, 2014, doi: 10.1109/TIE.2013.2281162.
- [3] J. Acero, I. Lope, C. Carretero, and J. M. Burdio, "Adapting of Non-Metallic Cookware for Induction Heating Technology via Thin-Layer Non-Magnetic Conductive Coatings," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 11219–11227, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2965209.

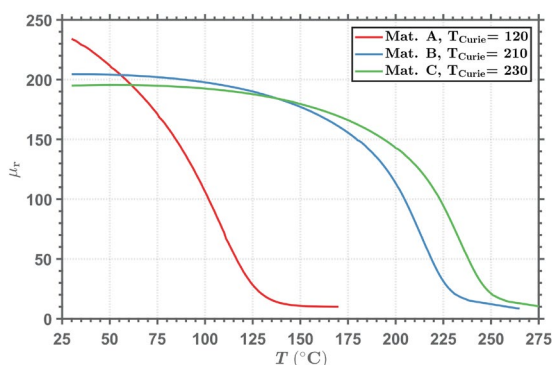


Figura 1. μ_r vs Temperatura para aleaciones con baja T_{curie}

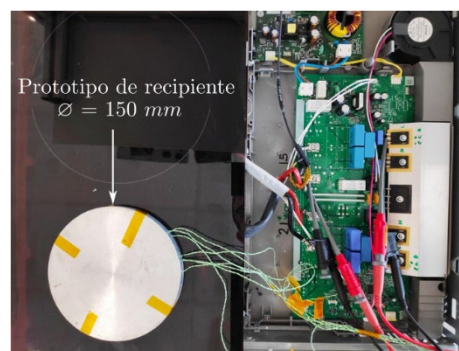


Figura 2. Montaje Experimental

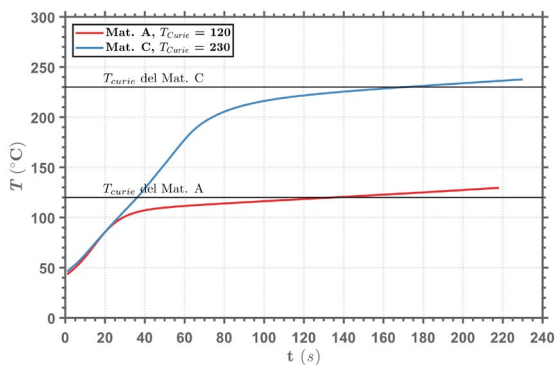


Figura 3. Evolución temporal de la temperatura

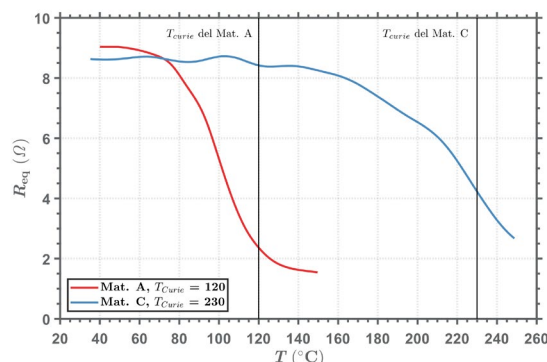


Figura 4. Dependencia de la R_{eq} con la temperatura