

X JORNADA DE JÓVENES INVESTIGADORES DEL I3A

Sistemas avanzados de ebullición mediante materiales con baja temperatura de Curie y tecnología de inducción

Alberto Pascual, Jesús Acero

Afiliación: Grupo de Electrónica de Potencia y Microelectrónica (GEPM)

Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain.

Tel. +34-976762707, e-mail: a.pascual@unizar.es

Materiales con baja temperatura de Curie

El uso de materiales con bajas temperaturas de Curie como material ferromagnético para el desarrollo de diferentes aplicaciones domésticas de calentamiento por inducción, podría suponer mejoras en los siguientes campos:

- **Eficiencia energética:** cortando la alimentación del inductor cuando el material supera su temperatura de Curie.
- **Control de cocción:** evitando que los alimentos se quemen.
- **Protección del usuario:** evitando alcanzar altas temperaturas en la aplicación.

La temperatura de Curie es la temperatura de transformación magnética a partir de la cual un material ferromagnético pierde sus propiedades magnéticas. Al cambiar a esta fase, la permeabilidad magnética del material disminuye significativamente (Figura 1), provocando que la potencia suministrada y por tanto el calor generado, se reduzcan considerablemente.

Además, como consecuencia, se produce un cambio considerable del circuito eléctrico equivalente del sistema, que consiste en una inductancia en serie con una resistencia (Figura 2), el cual puede ser detectado a nivel software y utilizado para diferentes fines.

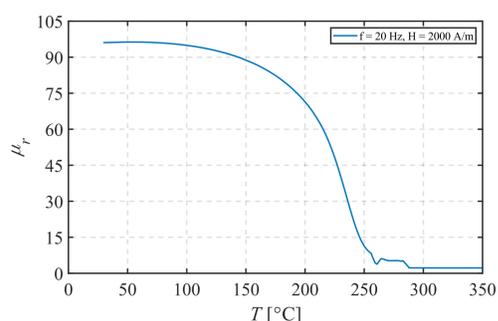


Fig 1. Comportamiento de la μ_r en un material con $T_{curie} = 230^\circ\text{C}$

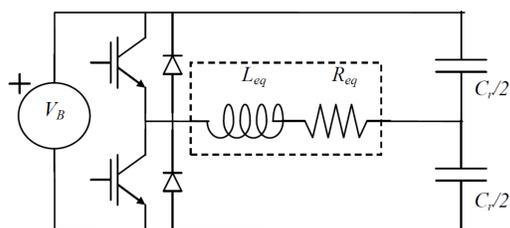


Fig 2. Circuito equivalente del sistema

Evaporador por inducción

En los últimos años la tecnología de inducción se ha aplicado casi en exclusividad al ámbito del cocinado tradicional. Sin embargo, esta tecnología también puede utilizarse para el desarrollo de sistemas de ebullición avanzados que sustituyan las soluciones tradicionales basadas en resistencias sumergidas. El sistema de evaporación podría utilizar el fenómeno de inducción para calentar un disco ferromagnético sumergido en agua (Figura 3), de la misma manera que los sistemas tradicionales calientan los recipientes.

Además de las ventajas anteriormente comentadas, el uso de materiales con baja temperatura de Curie en evaporadores por inducción permitiría, mediante el seguimiento de los cambios en el circuito equivalente, detectar cuando se vacía el depósito de agua del evaporador sin necesidad de sensores adicionales.

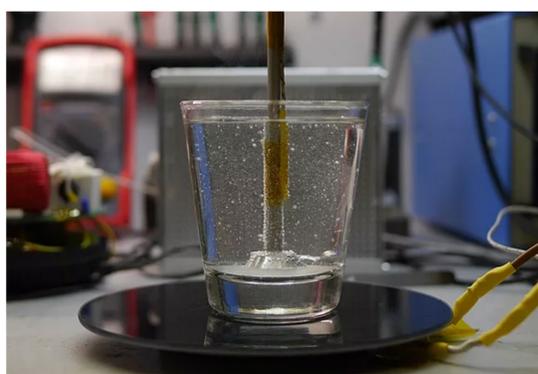


Fig 3. Ejemplo de uso para calentamiento de líquidos por inducción

Simulación y pruebas de concepto

Se han realizado simulaciones mediante elementos finitos, y realizado medidas experimentales con prototipos para diferentes geometrías y materiales de disco evaporador. En la Figura 4 se muestra, de manera esquemática, la geometría del modelo electro-térmico utilizado en el programa de elementos finitos COMSOL para simular el comportamiento del disco evaporador sumergido en agua. El objetivo de las simulaciones es evaluar el comportamiento eléctrico y los cambios que se producen en el sistema cuando se sobrepasa la temperatura de Curie.

Se ha utilizado dos tipologías de disco evaporador diferentes, uno de ellos fabricado con un material con Temperatura de curie de 230°C , y otro con un material ferromagnético tradicional. Como se puede observar en las figuras 6 y 7 el comportamiento de ambos materiales es el mismo hasta que el material con baja temperatura de Curie, se va acercando a esta. Cuando se alcanza la temperatura, la permeabilidad magnética del mismo disminuye considerablemente y consecuentemente bajan la resistencia equivalente (Figura 6) y la potencia cedida a la carga, haciendo que el incremento de temperatura del disco, pese a seguir suministrando potencia, se estanque (Figura 7).

De esta manera la utilización de este material permite que el sistema se autoproteja de alcanzar altas temperaturas. Además, debido a que el cambio en la resistencia equivalente es suficientemente grande para poder detectarse a nivel software puede hacer que el sistema active sus protecciones automáticamente sin necesidad de elementos electrónicos adicionales.

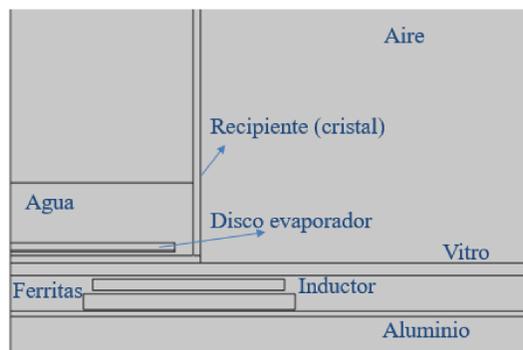


Fig 4. COMSOL - Esquema del modelo electro-térmico

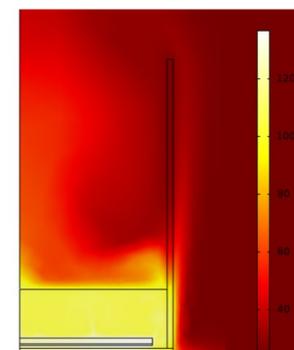


Fig 5. COMSOL - comportamiento térmico

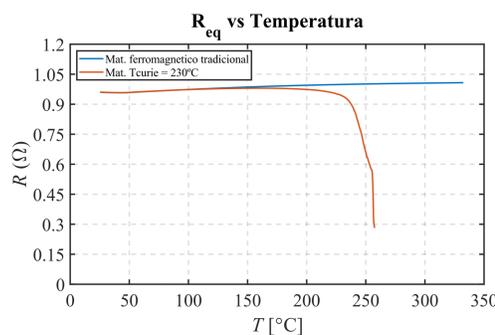


Fig 6. COMSOL - Evolución de la R_{eq} con la T_{disco}

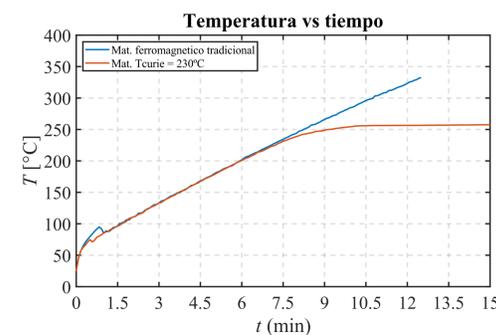


Fig 7. COMSOL - Evolución de la T_{disco} con el tiempo

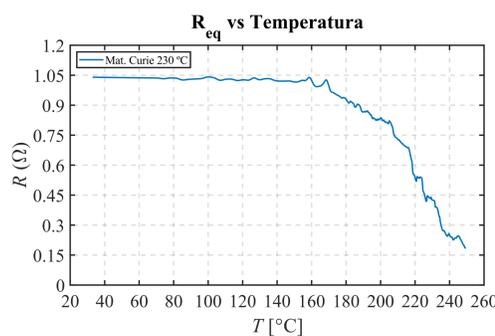


Fig 7. Medida experimental - Evolución de la R_{eq} con la T_{disco}



Fig 8. Montaje de medidas experimental

Conclusiones

Se ha expuesto las ventajas y posibilidades que ofrece el uso de materiales con baja temperatura de Curie en aplicaciones de calentamiento por inducción, en especial para sistemas avanzados de evaporación por inducción.

Se ha mostrado que utilizando materiales de Curie con temperaturas inferiores a las temperaturas críticas del sistema (en el caso del estudio de 230°C) en sistemas de inducción, permite la autoprotección del mismo frente a altas temperaturas, evitando que se superen estas y permite la autodetección de cuando se alcanza esta temperatura crítica. Activando de esta manera las protecciones para el sistema y para el usuario sin necesidad de electrónica adicional.