

Efectos mutuos entre aplicadores industriales de microondas y filtros doblemente corrugados

Francisco Javier Clemente Fernández, Francisco de Paula Ortega del Nido, Juan Monzó Cabrera, Juan Luis Pedreño Molina, Antonio José Lozano Guerrero y Alejandro Díaz Morcillo
 Grupo de Electromagnetismo y Materia (GEM) – Universidad Politécnica de Cartagena
 Antiguo Cuartel de Antigones. Plaza del Hospital, N° 1, 30202 Cartagena (Murcia)
 Teléfono: +34 968 325376 E-mail: francisco.clemente@upct.es

Resumen. Los hornos industriales de microondas de procesamiento continuo normalmente emplean filtros elimina-banda en sus puertos abiertos para evitar posibles efectos perjudiciales sobre las personas. En general, cuando se diseñan la cavidad de calentamiento o el filtro, la influencia mutua entre ambas partes no se tiene en cuenta. En este trabajo se simulan, tanto por separado como conjuntamente, una cavidad de calentamiento y un filtro doblemente corrugado. Los resultados muestran que el rendimiento del filtro se mejora cuando éste se conecta al aplicador de microondas.

1 Introducción

Actualmente son muchos los procesos industriales que hacen uso de la energía de microondas para el calentamiento y/o secado de materiales [1], empleando habitualmente hornos de procesamiento continuo con puertos abiertos en los que se hace necesario colocar filtros elimina-banda que reduzcan la radiación emitida al exterior. Una de las alternativas más utilizadas se basa en filtros corrugados reactivos [2], [3] los cuales reflejan la energía que intenta escapar del aplicador de microondas.

Generalmente, tanto el aplicador de microondas como los filtros elimina-banda se diseñan por separado, sin tener en cuenta la influencia mutua entre ambas partes. Dicha influencia necesita ser estudiada ya que podría dar lugar a un calentamiento inadecuado del material procesado o, lo que es peor, a la emisión de niveles de radiación peligrosos al exterior.

Por tanto, en este trabajo se hace uso del simulador comercial CST Microwave Studio™ [4] para simular, tanto por separado como conjuntamente, una cavidad de calentamiento por microondas y un filtro doblemente corrugado para estudiar los efectos de conectar ambas partes entre sí. Se estudian dos escenarios, en vacío y con una lámina de mármol en el interior de la cavidad.

2 Esquemas de simulación

La cavidad de calentamiento simulada se puede ver en la Fig. 1, junto con el material a procesar. El filtro doblemente corrugado empleado en este trabajo toma como base el diseño planteado en [3] ampliando la anchura y la longitud de la guía de onda para adaptarlo a las dimensiones de la cavidad estudiada.

En la Fig. 2 se puede observar dicho filtro. Finalmente, el tercer esquema de simulación consiste en conectar al filtro a uno de los laterales de la cavidad tal como se ve en la Fig. 3, y realizar la simulación conjunta.

Los parámetros de dispersión que nos interesan son para el caso de la cavidad de calentamiento el S_{11}^{11} que determina la adaptación de la cavidad, y para el caso del filtro el S_{21}^{ij} que determina la atenuación que produce el filtro. En el caso del sistema completo los parámetros de dispersión a tener en cuenta son otra vez el S_{11}^{11} y el S_{21}^{i1} que en este caso determina la atenuación desde el puerto de excitación en la cavidad hasta el puerto de salida del filtro. En todos los casos los superíndices i y j hacen referencia a los diferentes modos que se propagan en cada puerto, ordenados de manera creciente en función de su frecuencia de corte. Todas las simulaciones realizadas se han llevado a cabo mediante el simulador temporal de CST Microwave Studio™ en el rango de frecuencia de 2 GHz a 3 GHz.

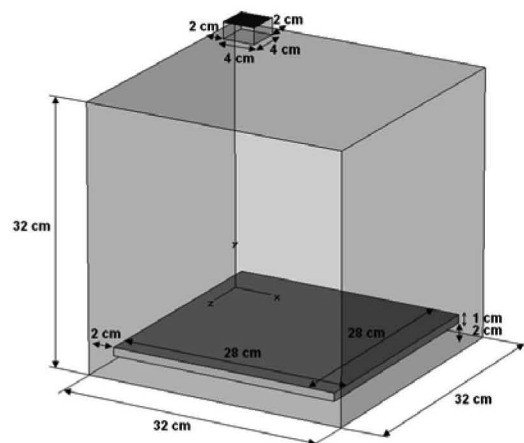


Fig.1. Modelo de cavidad simulada.

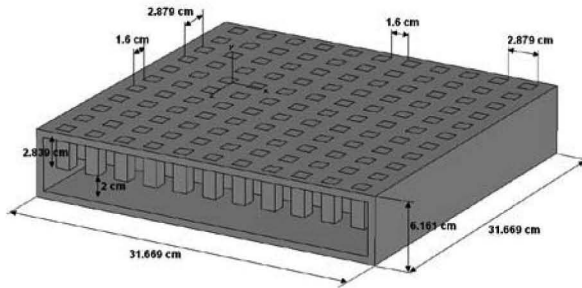


Fig. 2. Modelo de filtro doblemente corrugado simulado.

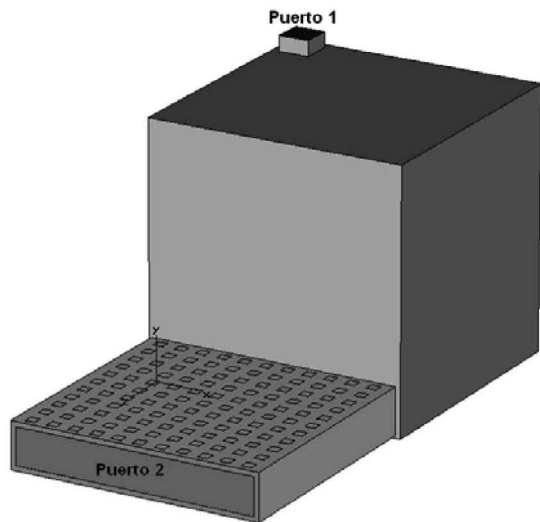


Fig. 3. Modelo del aplicador completo con cavidad y filtro.

3 Resultados

3.1 Simulaciones en vacío

En primer lugar se han realizado todas las simulaciones sin ningún material en el interior de la cavidad.

Comparando la adaptación cuando se simula la cavidad de manera independiente y cuando se conecta el filtro, se obtiene un valor para el parámetro S_{11}^{11} a 2.45 GHz de -25.19 dB en el primer caso y de -28.34 dB en el segundo, por lo que la adaptación es incluso mejor al colocar el filtro.

En lo que respecta a la transmisión se comparan el parámetro S_{21}^{ii} de la simulación del filtro aislado con el parámetro S_{21}^{i1} de la simulación del sistema completo, para cada uno de los 5 modos que se propagan por el puerto de salida del filtro. En la Fig. 4 se puede ver esta comparación en todo el rango de frecuencias simulado para el modo fundamental TE_{10} . En la Tabla 1 se recogen los resultados a 2.45 GHz para el resto de los modos. Es importante señalar que esta comparación no tiene en cuenta que en el puerto 1 de la cavidad solamente se excita el modo fundamental y la energía por tanto se divide en los 5

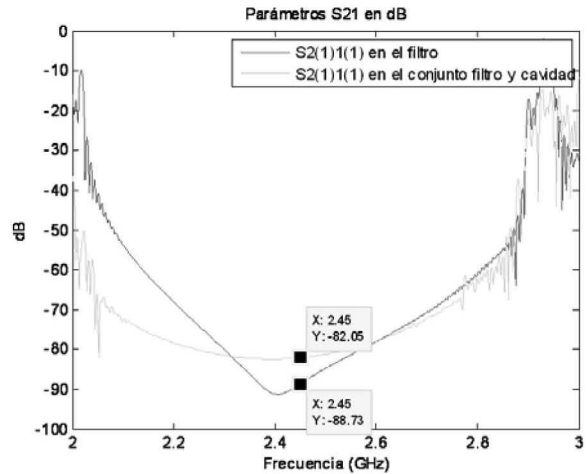


Fig. 4. Comparación entre el parámetro S_{21} del modo TE_{10} considerando el filtro aislado y el sistema completo.

TABLA 1. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS S_{21} PARA CADA MODO CONSIDERANDO EL FILTRO AISLADO Y EL SISTEMA COMPLETO.

| Modo | Filtro Aislado | Sistema Completo |
|-----------|----------------|------------------|
| TE_{10} | -88.73 dB | -82.05 dB |
| TE_{20} | -75.07 dB | -85.87 dB |
| TE_{30} | -78.87 dB | -87.88 dB |
| TE_{40} | -76.43 dB | -81.60 dB |
| TE_{50} | -65.12 dB | -90.21 dB |

modos que pueden propagarse por el filtro, pero en cualquier caso incluso teniendo en cuenta este efecto los resultados serían igualmente satisfactorios.

3.2 Simulaciones con material

El segundo escenario estudiado consiste en introducir una lámina de mármol ($\epsilon_r = 9 - j0.22$) en la posición que se muestra en la Fig. 1 y realizar las mismas simulaciones que en el caso anterior.

En este caso el parámetro S_{11}^{11} a 2.45 GHz toma el valor de -28.23 dB cuando se simula la cavidad aisladamente y de -31.54 dB cuando se simula conjuntamente con el filtro, obteniendo nuevamente una ligera mejora.

En cuanto a los parámetros de transmisión, en la Fig. 5 se puede ver la comparación entre ambos escenarios para el modo TE_{10} , mientras que en la Tabla 2 se recogen los resultados para el resto de modos que se propagan.

A la vista de los resultados se puede ver como nuevamente el efecto de simular conjuntamente filtro y cavidad no deteriora ni la capacidad de reducir la radiación emitida al exterior ni la adaptación con respecto a la situación donde ambas partes se diseñan y simulan por separado.

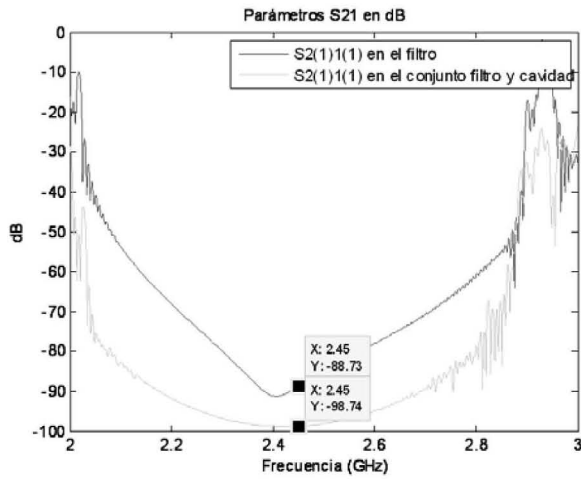


Fig. 5. Comparación entre el parámetro S_{21} del modo TE_{10} considerando el filtro aislado y el sistema completo cuando se introduce una lámina de mármol dentro de la cavidad.

TABLA 2. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS S_{21} PARA CADA MODO CONSIDERANDO EL FILTRO AISLADO Y EL SISTEMA COMPLETO CUANDO SE INTRODUCE UNA LÁMINA DE MÁRMOL DENTRO DE LA CAVIDAD.

| Modo | Filtro Aislado | Sistema Completo |
|-----------|----------------|------------------|
| TE_{10} | -88.73 dB | -98.74 dB |
| TE_{20} | -75.07 dB | -88.46 dB |
| TE_{30} | -78.87 dB | -102.6 dB |
| TE_{40} | -76.43 dB | -104.2 dB |
| TE_{50} | -65.12 dB | -105 dB |

4 Conclusiones

En este trabajo se ha realizado un estudio comparativo para obtener la influencia que tiene en el rendimiento de un horno industrial de microondas el hecho de diseñar cavidad y filtro independientemente como se suele hacer habitualmente, o diseñar ambas partes conjuntamente.

Los resultados muestran que cuando se diseña un filtro elimina-banda de manera independiente, hay garantías de que el filtro se seguirá comportando de manera adecuada cuando se coloque junto a la cavidad de calentamiento en el sistema completo.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado bajo una beca predoctoral con referencia 16381/FPI/10 y bajo el proyecto con referencia 11689/PI/09, ambos de la Fundación Séneca, Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia.

Referencias

- [1] A. C. Metaxas and R. J. Meredith, *Industrial Microwave Heating*. Stevenage, U.K.: Peregrinus, 1988.
- [2] A. L. Vankoughnett and J. G. Dunn, "Doubly corrugated chokes for microwave heating systems," *J. Microwave Power*, vol. 8, no. 1, pp. 101–110, Jan. 1973.
- [3] P. Soto, V. E. Boria, J. M. Catalá-Civera, N. Chouaib, M. Guglielmi, and B. Gimeno, "Analysis, design, and experimental verification of microwave filters for safety issues in open-ended waveguide systems," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 48, no. 11, pp. 2133-2140, Nov. 2000.
- [4] <http://www.cst.com>