



## Computational analysis of hybrid heating of a heterogeneous core-shell configuration for improving temperature uniformity

Análisis computacional del calentamiento híbrido de una configuración heterogénea de núcleo-caparazón para mejorar la uniformidad de la temperatura

Ivan Amaya<sup>1</sup>, Juan David Bastidas Rodríguez<sup>2</sup>, Carlos Rodrigo Correa Cely<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Doctor en ingeniería electrónica, iamaya2@tec.mx, ORCID: 0000-0002-8821-7137, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Tecnológico de Monterrey, Monterrey Colombia, México.

<sup>2</sup> Doctor en ingeniería eléctrica y electrónica, jubastidasr@unal.edu.co, Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia

<sup>3</sup> Doctor en ingeniería, crcorrea@saber.uis.edu.co, ORCID: 0000-0002-6507-1809, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

**Cómo citar:** G. F. García-Sánchez, J. L. Chacón-Velasco, D. A. Fuentes-Díaz, J. E. Jaramillo-Ibarra and J. R. Martínez-Morales, "CFD modelling of biomass boilers - a review of the state of the art". *Respuestas*, vol. 25, no. 3, 104-118, 2020.

Received on June 22, 2020 - Approved on October 23, 2020.

### ABSTRACT

#### Keywords:

Microwaves;  
thermal  
radiation;  
hybrid thermal  
treatment; core-  
shell; transient  
state.

Throughout this study, we propose using hybrid heating (microwaves – thermal radiation) on a heterogeneous structure. Our goal is to improve the effectivity of its thermal treatment. We analyze a core-shell assembly with different thermal and electrical properties. A solid sphere makes up the core of the arrangement. Such a core is surrounded by three layers of different materials. Because of the properties of the original system, we propose modifying the core so that it absorbs microwaves. The layers are all homogeneous and microwave transparent. The first two exhibit a low thermal conductivity, while the outermost one is a good thermal conductor. We also propose adding a thin layer of susceptor between the first two layers, striving to alleviate the low thermal conduction problem. Furthermore, the dielectric loss constant of this new layer is temperature-dependent. We assume that the composed sphere hangs within the electromagnetic cavity and continuously rotates, so it homogeneously receives microwaves and thermal radiation (from an electrical resistance). Thus, the thermal model is given by a set of time-dependent partial differential equations. Transient temperature profiles are analyzed under different experimental scenarios. There is a clear advantage of using the proposed hybrid heating in this particular case.

### RESUMEN

#### Palabras clave:

Microondas;  
radiación  
térmica;  
tratamiento  
térmico  
híbrido; core-  
shell; estado  
transitorio.

A lo largo de este estudio, proponemos utilizar el calentamiento híbrido (microondas - radiación térmica) sobre una estructura heterogénea. Nuestro objetivo es mejorar la eficacia de su tratamiento térmico. Analizamos un conjunto core-shell con diferentes propiedades térmicas y eléctricas. Una esfera sólida constituye el núcleo del conjunto. Dicho núcleo está rodeado por tres capas de diferentes materiales. Debido a las propiedades del sistema original, proponemos modificar el núcleo para que absorba las microondas. Las capas son todas homogéneas y transparentes a las microondas. Las dos primeras presentan una baja conductividad térmica, mientras que la más externa es un buen conductor térmico. También proponemos añadir una fina capa de susceptor entre las dos primeras capas, tratando de paliar el problema de la baja conducción térmica. Además, la constante de pérdida dieléctrica de esta nueva capa depende de la temperatura. Suponemos que la esfera compuesta cuelga dentro de la cavidad electromagnética y gira continuamente, por lo que recibe homogéneamente microondas y radiación térmica (de una resistencia eléctrica). Así, el modelo térmico viene dado por un conjunto de ecuaciones diferenciales parciales dependientes del tiempo. Se analizan los perfiles de temperatura transitorios bajo diferentes escenarios experimentales. La utilización del calentamiento híbrido propuesto presenta una clara ventaja en este caso concreto.

\*Corresponding author.

E-mail address: hgsanche@uis.edu.co (H. G. Sánchez-Acevedo)

Peer review is the responsibility of the Universidad Francisco de Paula Santander.



This is an article under the license CC BY-NC 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).





























*Metallography, Microstructure, and Analysis (MMA)*, vol. 8, no. 1, pp. 92–108, 2019.

- [11] N. M. Maliessa and S. R. A. Idris, “Effect of Different Amount of Silicon Carbide on SAC Solder-Cu Joint Performance by Using Microwave Hybrid Heating Method”, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 469, no. 1, 2019.
- [12] N. Chhanwal, P. R. Bhushette, and C. Anandharamakrishnan, “Current Perspectives on Non-conventional Heating Ovens for Baking Process-a Review”, *Food and Bioprocess Technology*, vol. 12, no. 1, 2019.
- [13] S. L. Marahadige, S. M. Sridharmurthy, A. H. Jayraj, U. S. Mahabaleshwar, G. Lorenzini, and E. Lorenzini, “Development of copper alloy by microwave hybrid heating technique and its characterization”, *International Journal of Heat and Technology*, vol. 36, no. 4, pp. 1343–1349, 2018.
- [14] A. C. Meredith R. J.; Metaxas, “Industrial microwave heating”, *Peter Peregrinus*, 1993.