

# Simulación computacional del fenómeno de relajación de tensiones en polímeros compuestos termoplásticos

José Antonio Abadía Durango<sup>1</sup>, Jorge Grasa Orús<sup>2</sup>, Carmelo Pina Gadea<sup>3</sup>

<sup>1</sup>BSH Electrodomésticos España S.A.

<sup>2</sup>Applied Mechanics and Bioengineering – AMB

<sup>3</sup>Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación - EINA

Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)

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

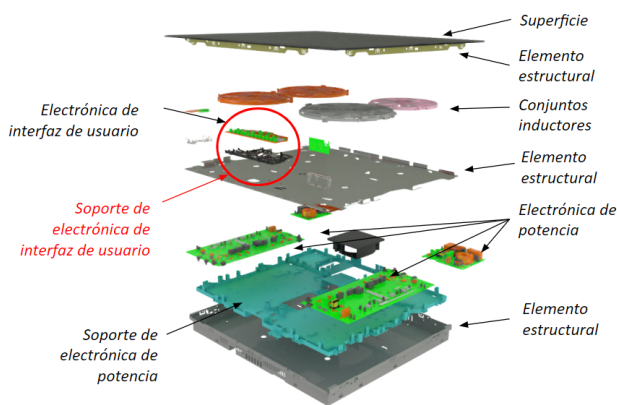
Tel. +34-976762707, e-mail: [536965@unizar.es](mailto:536965@unizar.es)

## Resumen

Se propone en este trabajo el desarrollo de una metodología que permita abordar el modelado del comportamiento de materiales de componentes de cocinas de inducción que trabajan bajo condiciones de deformación constante, tratando de optimizar la predicción del fenómeno de relajación de tensiones. Se presentan resultados de calibración del modelo inicial.

## Introducción

Los requisitos de carga, temperatura y vida útil presentes en el desarrollo de los soportes de placas electrónicas de interfaz de usuario en placas de cocción por inducción limitan habitualmente la selección de materiales al uso de polímeros termoplásticos compuestos. El desarrollo de modelos de material que permitan predecir su comportamiento bajo condiciones de relajación de tensiones mediante simulación supone un desafío en el trabajo de validación teórico-experimental.



**Figura 1:** Vista explosión de un modelo de placa de cocción por inducción. En rojo, la pieza de estudio.

Desde el punto de vista fenomenológico, los modelos existentes se basan en el análisis de las propiedades complejas de estos materiales, pero están limitados

matemáticamente y dada su definición explícita, requieren del conjunto de datos apropiado para la identificación de parámetros (Al-Haik et al. 2004). Si se considera el alto coste que implica obtener datos experimentales a diferentes niveles de carga, temperatura y tiempo de ensayo, el ajuste del modelo computacional es a menudo muy complicado. El objeto de este estudio es definir y validar un modelo de elementos finitos a partir de los datos de especificaciones técnicas disponibles para el caso de poliamida 66 compuesta de un 25% de fibra de vidrio (PA66-GF25), que sirva como punto de partida para calibrar su ajuste a medida que se incorporen parámetros de entrada y condiciones de contorno.

## Modelo de material

Se desarrolla un modelo de material isotrópico, constituyendo su régimen elástico y plástico de acuerdo con los datos de módulo y límite elástico y valores de tensión y deformación reales hasta rotura provenientes del ensayo de tracción, según ISO-527, a diferentes valores de temperatura de referencia.

$$\varepsilon_{true} = \ln(1 + \varepsilon_{eng}); \sigma_{true} = \sigma_{eng}(1 + \varepsilon_{eng})$$

$$\varepsilon_{true}^{pl} = \varepsilon_{true} - \frac{\sigma_{true}}{E_{modulus}}$$

Para caracterizar el fenómeno de relajación de tensiones, se parte de los datos experimentales de curvas isocronas de tensión-deformación a diferentes niveles de temperatura, provenientes del ensayo de creep, según ISO-899. El ajuste de curva de cada valor de carga y temperatura se ha basado en uno de los modelos disponibles en la herramienta de cálculo ANSYS, consiguiendo la mejor calibración con el modelo “Generalized Time Hardening”. La principal característica de esta aproximación es que toma la deformación por creep como parámetro de entrada y depende explícitamente del tiempo:

$$\varepsilon_{cr} = (C_1\sigma + C_2\sigma^2 + C_3\sigma^3)t^{C_4+C_5\sigma}e^{-C_6/T}$$

## Modelo computacional

En un primer paso, se ha desarrollado un modelo de elementos finitos para validar el ajuste de curva realizado, reproduciendo la geometría y las condiciones indicadas en los ensayos de norma correspondientes a la caracterización a tracción y fluencia o relajación de tensiones, anteriormente mencionadas. Tras validar la calibración del modelo de material, se ha desarrollado un segundo modelo de elementos finitos para analizar el comportamiento del soporte de estudio bajo condiciones de trabajo, en aparato instalado.

## Resultados

La figura 2 muestra la comparativa entre resultados de tensión-deformación y fluencia del modelo de probeta simulado frente a los resultados experimentales de la especificación técnica, respectivamente. Como se puede observar, los resultados obtenidos por simulación se ajustan con precisión, lo que ha permitido continuar trabajando en el modelo de aparato completo, con el objetivo de obtener un mapa de tensiones y deformaciones de la pieza ajustado a las condiciones de uso de la placa de cocción por inducción (figura 3).

## Conclusiones

Si bien, los resultados de simulación son precisos y reproducen los datos experimentales, es necesario ampliar el alcance tanto desde el punto de vista de

parámetros de material (p. ej. la influencia de la orientación de fibra), como de condiciones de contorno (p. ej. temperatura). Para ello, se sigue trabajando en la recopilación de datos experimentales que permitan optimizar el modelo de material. El elevado tiempo de exposición de estos componentes a deformación constante dilata en el tiempo la recogida de datos y, en consecuencia, ralentiza el avance en dicha optimización. Se ha planificado explorar vías que permitan obtener datos experimentales y predecir el comportamiento de este fenómeno de manera acelerada, basados en técnicas de análisis mecánico dinámico (DMA) (Achereiner et al. 2013) y la incorporación de metodologías de aprendizaje profundo (El Kadi 2006), respectivamente.

## REFERENCIAS

- [1]. AL-HAIK, M. S., GARMESTANI, H. et SAVRAN, A., 2004. Explicit and implicit viscoplastic models for polymeric composite. *International Journal of Plasticity*. octubre 2004. Vol. 20, nº 10, pp. 1875-1907. DOI 10.1016/j.ijplas.2003.11.017.
- [2]. ACHEREINER, Frédéric, ENGELSING, Kurt, BASTIAN, Martin et HEIDEMEYER, Peter, 2013. Accelerated creep testing of polymers using the stepped isothermal method. *Polymer Testing*. 2013. Vol. 32, nº 3, pp. 447-454. DOI 10.1016/j.polymertesting.2013.01.014.
- [3]. EL KADI, Hany, 2006. Modeling the mechanical behavior of fiber-reinforced polymeric composite materials using artificial neural networks - A review. *Composite Structures*. 2006. Vol. 73, nº 1, pp. 1-23. DOI 10.1016/j.compstruct.2005.01.020.

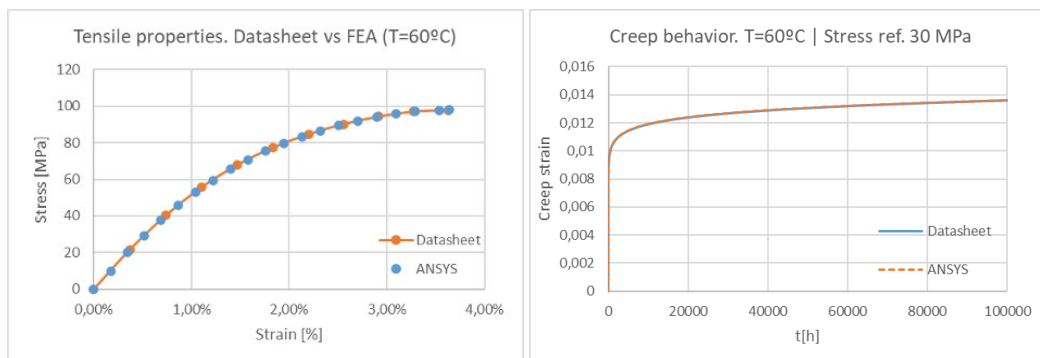


Figura 2: Comparativa de resultados de ensayo de tracción (izq.) y ensayo creep (dcha.)

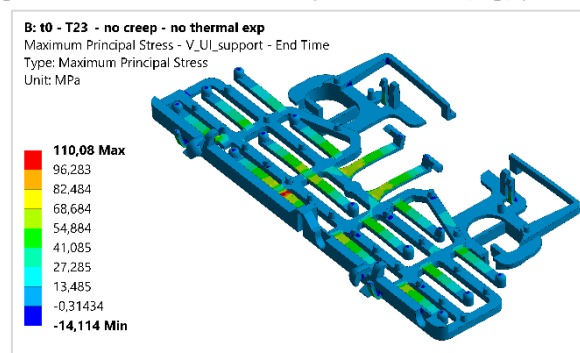


Figura 3: Campo de tensiones de soporte de estudio