

Estudio del proceso de calentamiento por inducción de un sistema inductor-mangueta

Proyecto de Máster. Curso 2013-14. Máster Oficial en Enxeñaría Matemática

Autora: Miriam Ruiz Ferrández

Tutora: M^a Dolores Gómez Pedreira

RESUMEN

El endurecimiento o temple por inducción es un proceso basado en el calentamiento y posterior enfriamiento brusco de una pieza de material ferromagnético, generalmente acero, para aumentar su dureza y resistencia.

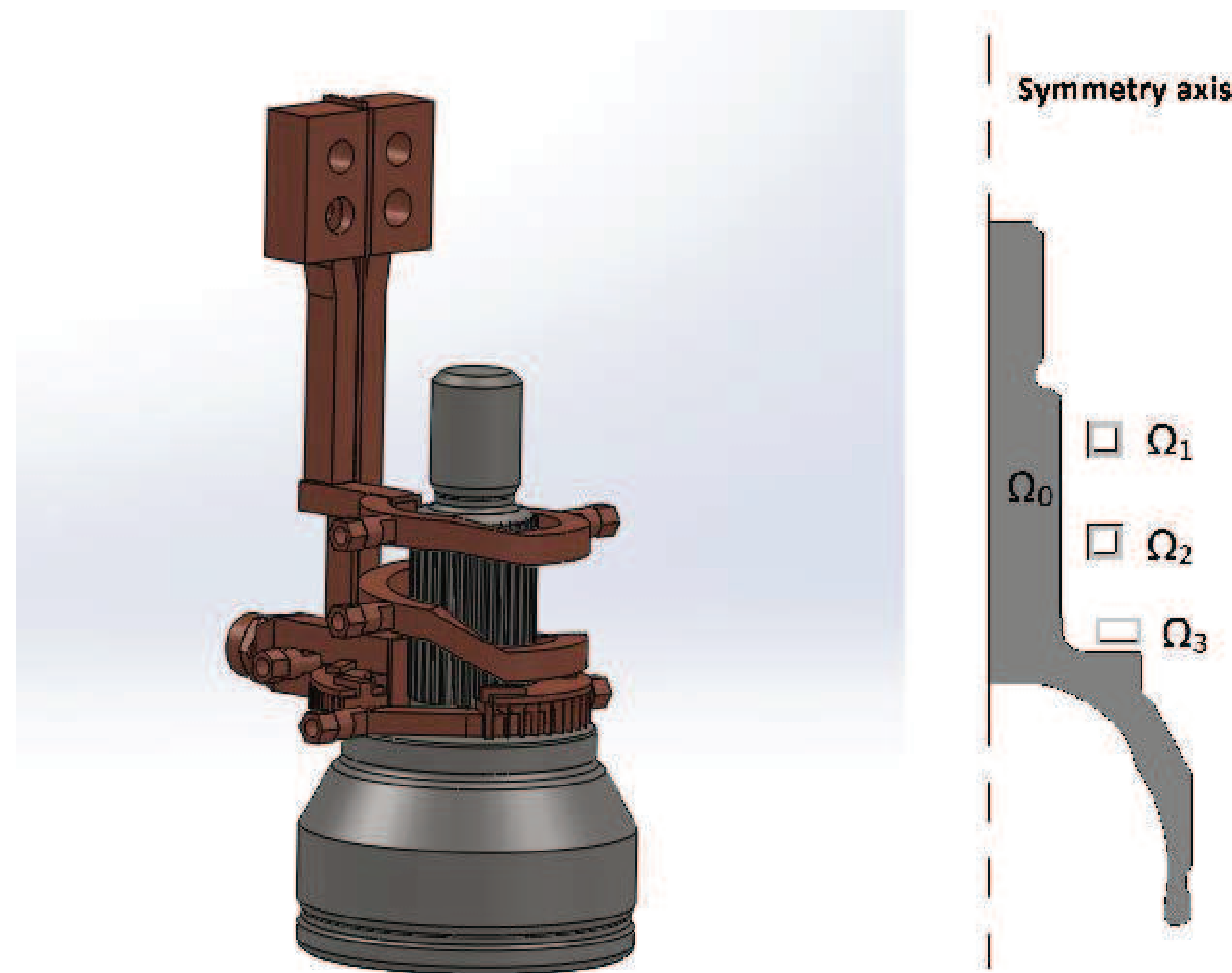


Fig. 1: Geometría 3D y simplificación a un dominio axisimétrico.

Consideramos un sistema inductor-mangueta consistente en una espira inductora de forma helicoidal situada alrededor de una mangueta de acero. Por la espira se hace circular una corriente alterna, que genera un campo electromagnético. Dicho campo provoca, a su vez, unas corrientes en el conductor denominadas eddy currents o corrientes de Foucault. Como consecuencia de la circulación de corriente eléctrica por un material conductor, se produce calor. Este fenómeno es conocido como efecto Joule. Gracias a él, la mangueta irá aumentando su temperatura produciéndose modificaciones en las microestructuras que componen el acero, de modo que éste sufre una transformación de las fases ferrita, perlita, bainita y martensita (ferromagnéticas) a la fase austenita (paramagnética).



Fig. 2: Relación entre los fenómenos físicos implicados.

En este trabajo se propone un sistema no lineal acoplado de ecuaciones en derivadas parciales para describir el problema termoelectrónico-metalúrgico. Más concretamente, el modelo electromagnético se describe mediante las ecuaciones de eddy currents en régimen transitorio debido a la no linealidad del material, mientras que el térmico se obtiene a partir de la ecuación de la transferencia de calor. Para tratar el fenómeno metalúrgico se utiliza el modelo de Leblond-Devaux, el cual reduce el problema a la resolución de una ecuación diferencial ordinaria. En la Figura 2 se esquematiza la relación entre los fenómenos físicos implicados, evidenciando el acople entre los mismos.

RESULTADOS

En las Figuras 3 y 4 se muestra la evolución del efecto Joule y de la temperatura en distintos instantes de tiempo. Las imágenes de la Figura 5 ilustran cómo se va formando la capa de templada de austenita como consecuencia del calentamiento por inducción.

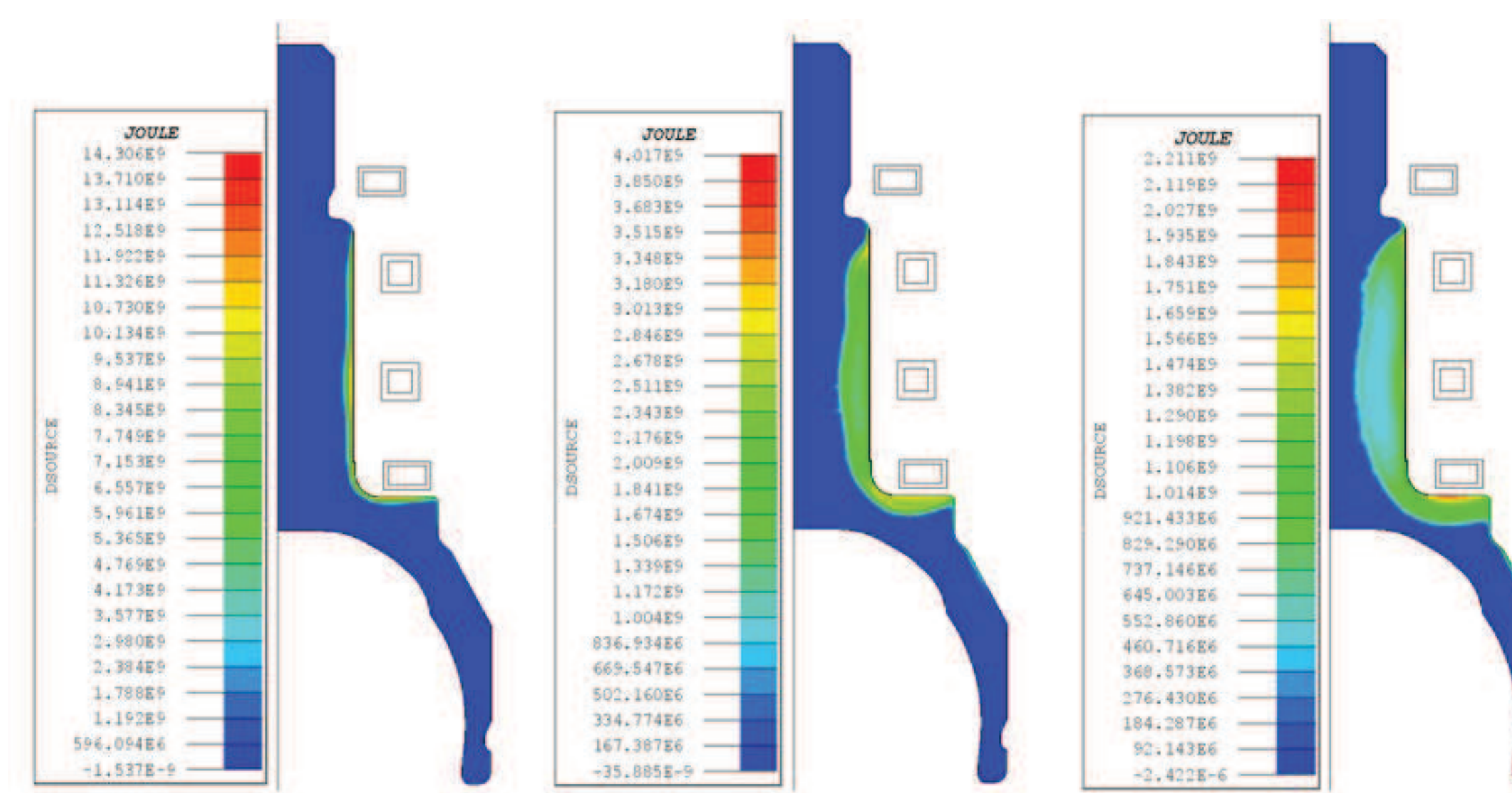


Fig. 3: Distribución del efecto Joule (W/m^3).

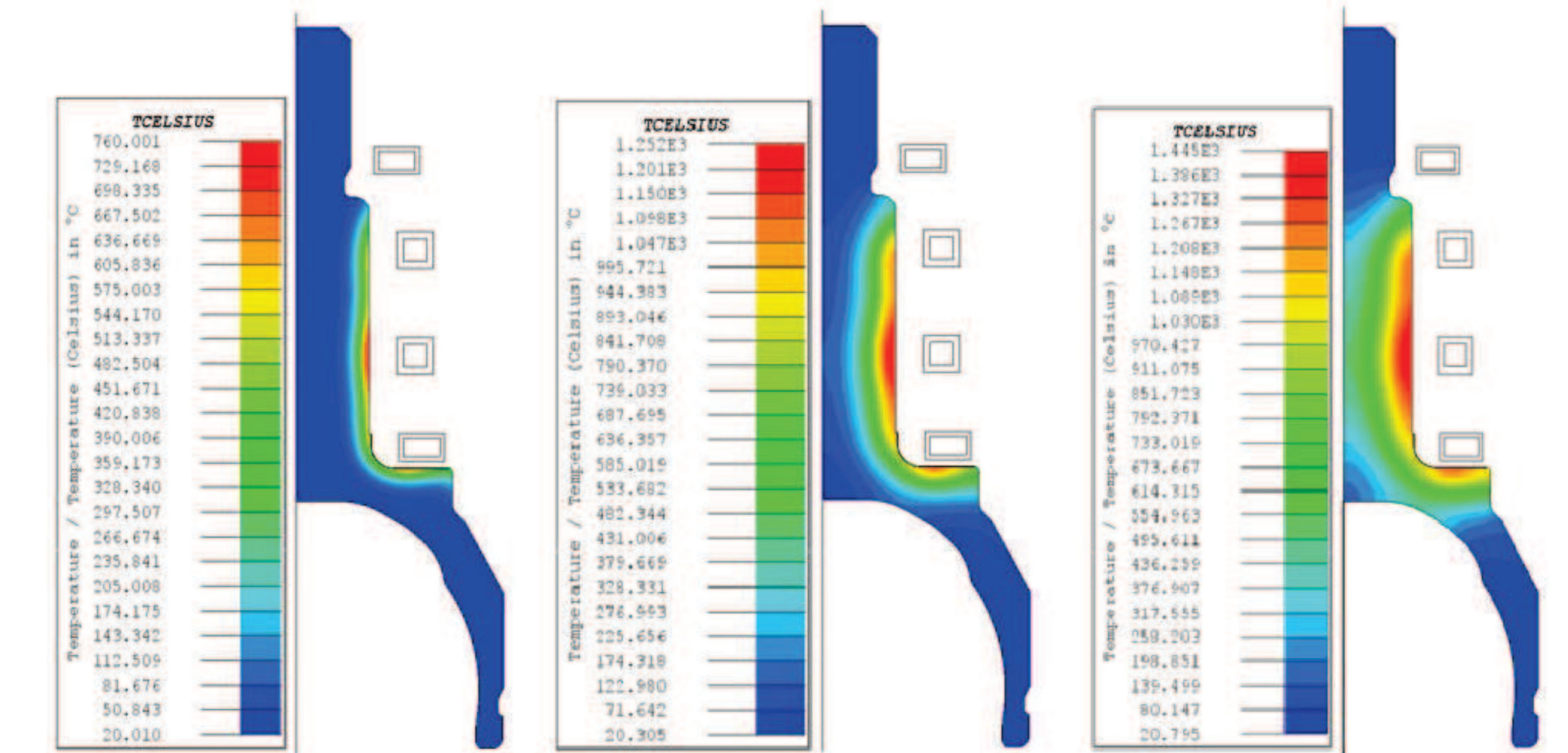


Fig. 4: Mapas de temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

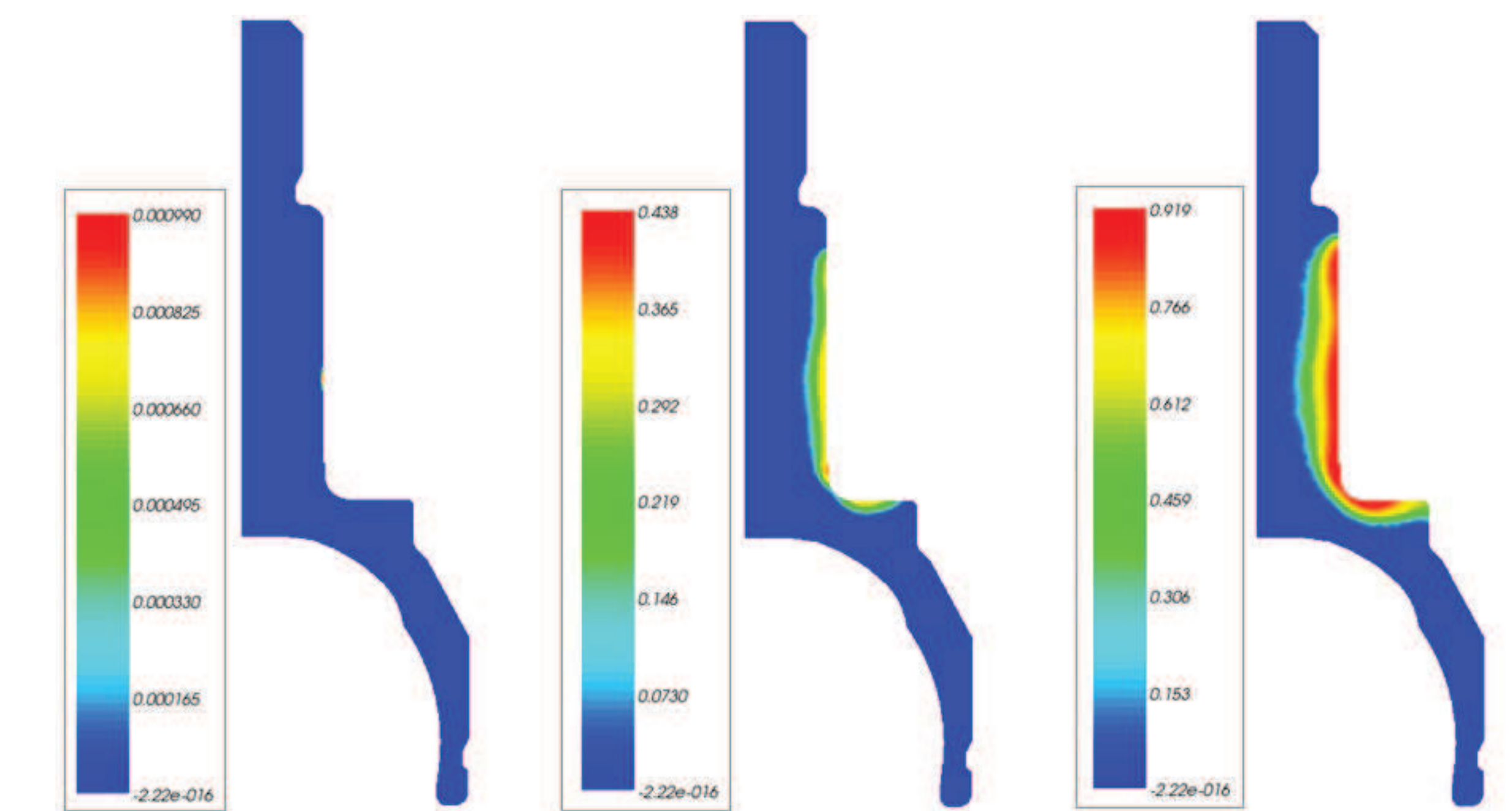


Fig. 5: Concentración de austenita (%).

REFERENCIAS

- [1] A. Bermúdez, D. Gómez, M. C. Muñiz, P. Salgado. Transient numerical simulation of a thermoelectrical problem in cylindrical induction heating furnaces. Adv. Comput. Math., 26, 39-62, 2007.
- [2] J. Fuhrmann, D. Hömberg, M. Uhle. Numerical simulation of induction hardening of steel. COMPEL, 482-493, 1999.