

COHERENCIA DE NANOPRECIPITADOS B2 EN ALEACIONES TERMOELASTICAS FE-MN-AL-NI CON MEMORIA DE FORMA

Paulo La Roca (1,2), Alberto Baruj (1,2), Jorge A. Malarría (3) Cesar E. Sobrero (3), Marcos Sade (1,2)

(1) Centro Atómico Bariloche - CNEA and Instituto Balseiro (UNCuyo), 8400 S. C. de Bariloche, Río Negro, Argentina.

(2) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina

(3) Instituto de Física Rosario – CONICET-UNR, Rosario, Argentina

Email: laroqa@ifir-conicet.gov.ar

Tanto el efecto memoria de forma como la pseudoelasticidad son propiedades con posibles usos tecnológicos y existen muchos sistemas que poseen una o ambas propiedades, según las características de su transformación martensítica (TM). Recientemente se encontró que la aleación Fe-Mn-Al-Ni posee excelentes propiedades pseudoelásticas [1]. Este nuevo material, un acero pseudoelástico, abre nuevas posibilidades para el desarrollo de aplicaciones dado su bajo costo relativo y posible conformado a través de técnicas convencionales. La aleación ternaria $\text{Fe}_{49}\text{Mn}_{36}\text{Al}_{15}$ (at.%) presenta una inusual transformación martensítica desde una fase austenítica bcc de alta temperatura (α) a una martensita fcc (γ') a temperatura ambiente [2]. Si bien se trata de una transformación no-termoelástica, la posterior adición de Ni y la precipitación de una fase bcc ordenada B2 en la matriz otorga carácter termoelástico a la transformación en esta aleación de base Fe-Mn. En particular, esto ha sido observado en la aleación de $\text{Fe}_{43.5}\text{Mn}_{34}\text{Al}_{15}\text{Ni}_{7.5}$ (at.%) con precipitados nanométricos B2, donde las placas de martensita avanzan durante el enfriamiento y retroceden durante el calentamiento [1]. Estos nano-precipitados coherentes parecen tener un rol fundamental para lograr la termoelasticidad y su consecuente pseudoelasticidad [1,3]. Si bien luego de un tratamiento térmico a 200°C x 3 h, se puede observar la presencia de éstos, aún no se conoce exactamente como se generan, ni el rol que juegan los mismos sobre la estabilidad relativa de fases y el efecto pseudoelástico. Además, existen indicios de que en presencia de precipitados la martensita inducida presenta una distorsión respecto de la estructura fcc a través de nanomaclas [3]. En el presente trabajo, mediante técnicas de microscopía electrónica de transmisión (TEM) se pretende estudiar la interacción entre los precipitados y las fases presentes a través de una detallada observación microestructural. Para ello, se fabricó un botón de 15 gr de la aleación $\text{Fe}_{43.5}\text{Mn}_{34}\text{Al}_{15}\text{Ni}_{7.5}$ (at.%) con horno de arco en atmósfera de argón y se encapsuló en tubo de cuarzo con el mismo gas. Se realizó un tratamiento térmico de homogenizado a 1000°C x 48 h. A continuación se laminó en caliente a 1000°C hasta lograr chapas de 1.5 mm de espesor de donde se cortaron muestras de geometría apropiada. Las mismas fueron tratadas térmicamente a 1200°C durante 30 min y templadas en agua con el objetivo de retener la fase metaestable α (BCC). Para analizar la microestructura se utilizó un microscopio electrónico de transmisión FEI modelo Tecnai F20, con cañón de emisión de campo que permitió la obtención de imágenes de alta resolución. Las muestras para TEM fueron adelgazadas mecánicamente y a continuación se obtuvieron láminas delgadas utilizando electropulido doble-jet con un equipo Tenupol 5. Se utilizó una solución de 5% ácido perclórico en acético, a 10°C de temperatura con una tensión aplicada de 40V. En primer lugar, cabe destacar, que se encontraron precipitados con orden B2 luego del templado desde 1200°C sin necesidad de un tratamiento a 200°C . En la figura a) se observa la presencia de los mismos en campo claro y en la b) en una imagen de campo oscuro tomada con el spot de orden señalado en la misma figura. Ello indica que los precipitados se nuclean en la fase austenita guardando cierto grado de coherencia con la misma. Si bien otros autores observaron que los precipitados formados luego del tratamiento a 200°C son totalmente coherentes con la fase austenita [3], en este trabajo se encontraron precipitados que luego del templado no son perfectamente coherentes con la estructura bcc como se muestra en las figuras c) y d) donde se pueden observar contrastes de distorsión elástica dentro de los mismos. En la figura d) de alta resolución se muestra que estos contrastes son generados por la diferencia en parámetro de red entre ambas estructuras que es compensada por una secuencia de dislocaciones geométricas en la austenita (señaladas con flechas blancas) que se encuentran distanciadas unos 9 o 10 planos atómicos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. Horacio Troiani por su colaboración en la toma de imágenes de alta resolución.

REFERENCIAS

- [1] Omori, T. et al. (2011) "Superelastic Effect in Polycrystalline Ferrous Alloys" *Science* 333: 68-71
- [2] Ando, K. et al. (2009). "Ferromagnetic to weak-magnetic transition accompanied by bcc to fcc transformation in Fe-Mn-Al alloy" *Appl. Phys. Lett* 95: 212504.
- [3] Omori, T., Nagasako, M., Okano, M., Endo, K., Kainuma, R. (2012) "Microstructure and martensitic transformation in the Fe-Mn-Al-Ni shape memory alloy with B2-type coherent fine particles", *Appl. Phys. Lett.* 101:231907.

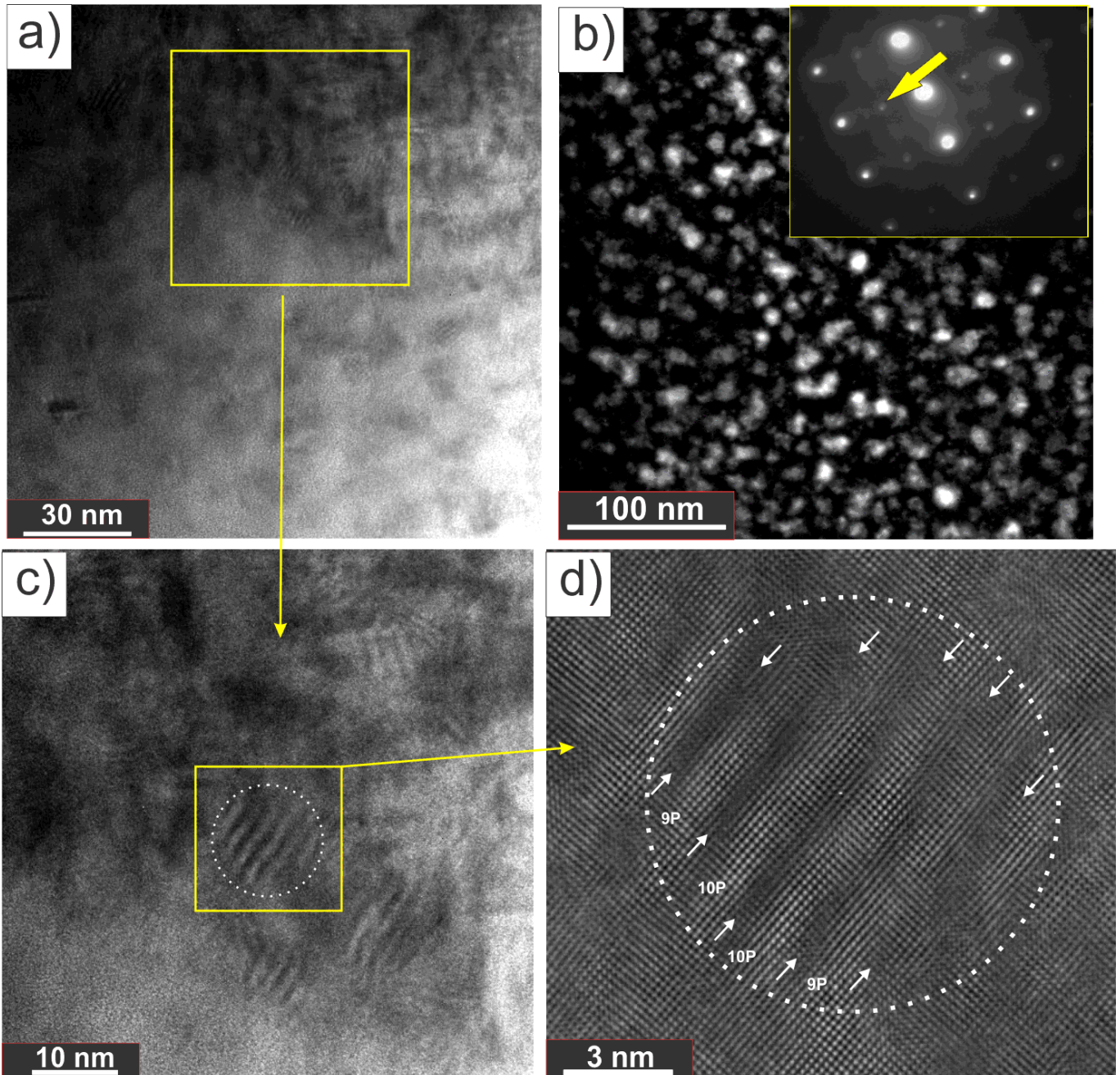


Figura a) Imagen de campo claro de la fase austenita bcc y precipitados B2, **b)** Campo oscuro de otra zona tomado con el spot señalado (eje de zona [110]) **c)** zoom de la imagen a), **d)** Imagen de alta resolución del precipitado y austenita.