Influencia de los tratamientos térmicos sobre la transformación martensítica en aleaciones magnéticas con memoria de forma a partir del estudio del amortiguamiento dependiente de la amplitud de deformación.

BONIFACICH, Federico Guillermo[1,2]; LAMBRI, Fernando Daniel[1]; LAMBRI, Osvaldo Agustín[1]; PÉREZ, Santiago[1]; WEIDENFELLER, Bernd[3]; PÉREZ-LANDAZÁBAL, José Ignacio[4] ; RECARTE, Vicente[4]; SÁNCHEZ-ALARCOS, Vicente[4]; FERREIROS, Pedro[5]; ZELADA, Griselda[1]; LAMBRI, Melania Lucila[1].

[1]Laboratorio de Extensión e Investigación en Materiales, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, UNR-CONICET
[2]Consejo de Investigaciones – CIUNR-UNR
[3]Department of Materials Science—Institute of Electrochemistry, Clausthal University of Technology, Alemania
[4]Departamento de Ciencias, Universidad Pública de Navarra and Institute for Advanced Materials and Mathematics (INAMAT2), España
[5]Advanced Materials For Nuclear Energy, VTT Technical Research Centre of Finland, Finlandia

Palabras claves: Transformación martensítica; Aleaciones magnéticas con memoria de forma; Espectroscopía mecánica; Amortiguamiento dependiente de la amplitud de oscilación.

INTRODUCCIÓN

Las aleaciones magnéticas con memoria de forma (MSMA) son materiales "inteligentes" que han presentado mucho interés en los últimos 30 años debido a su potencial para aplicaciones en sensores, actuadores y recolectores de energía, entre otros. La propiedad de inteligencia y el potencial de las MSMA se debe a la capacidad de desarrollar una transformación martensítica (MT) termoelástica. La espectroscopía mecánica (MS) es una técnica muy útil para el estudio de la MT a partir del análisis de su pico de amortiguamiento para distintos valores de deformación máxima aplicada en función de la temperatura. La MT presenta generalmente amortiguamiento dependiente de la deformación (ADD), dependiendo de la competencia entre la componente cinética y no cinética de la MT.

OBJETIVOS

En el presente trabajo se analiza la influencia de los recocidos a diferentes temperaturas sobre el pico de amortiguamiento de la MT en las MSMA de composición $Ni_{50}Mn_{37.5}Sb_{10.5}Al_2$ y $Ni_{50}Mn_{37.5}Sb_{4.5}Al_8$. El pico de amortiguamiento se ananliza además en función de la deformación máxima aplicada.

MATERIALES Y MÉTODOS

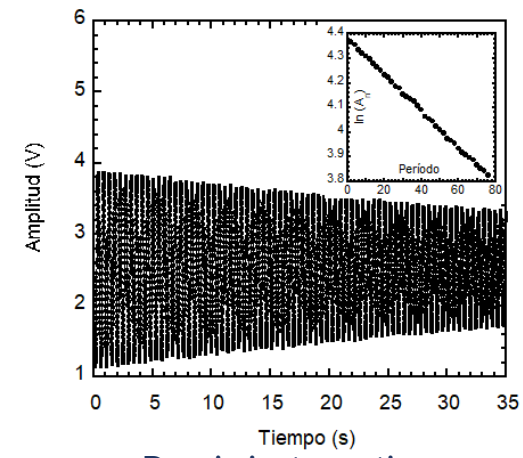
Muestras policristalinas de composición (at.%) $Ni_{50}Mn_{37.5}Sb_{10.5}Al_2$ (Sb11Al2) y $Ni_{50}Mn_{37.5}Sb_{4.5}Al_8$ (Sb5Al8) fueron producidas por fundición en horno de arco bajo atmosfera protectora y cortadas con hoja de diamante en sierra de baja velocidad. Las mediciones de MS se realizaron en un péndulo de torsión invertido en alto vacío mejor a 10^{-7} Torr. La rampa de calentamiento fue de 1K/min.

El amortiguamiento fue calculado a partir de la pendiente del logaritmo natural de las áreas del decremento vs el tiempo:

$$\ln A_n = \ln A_0 - \pi Q^{-1} n$$

La intensidad del ADD se determina a partir del cociente

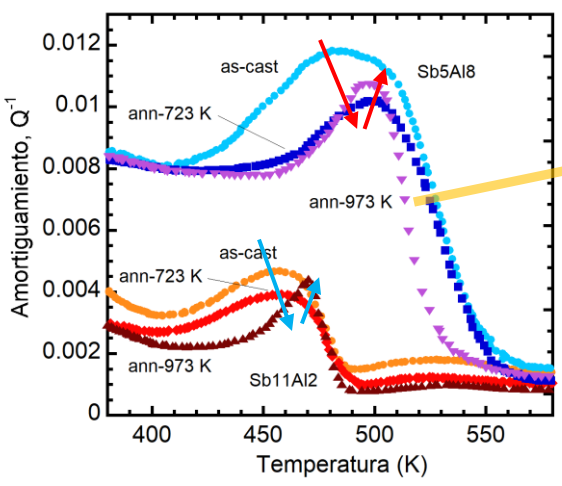
$$S = \frac{\Delta Q^{-1}}{\Delta \varepsilon_0}$$



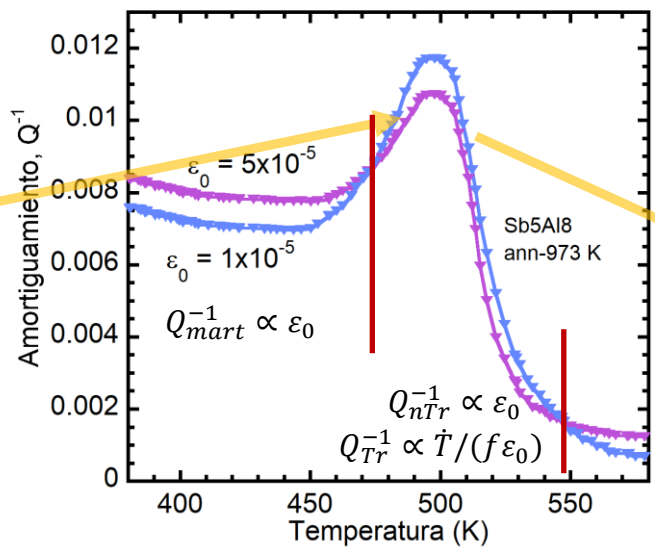
Decaimiento vs. tiempo

RESULTADOS y DISCUSIÓN

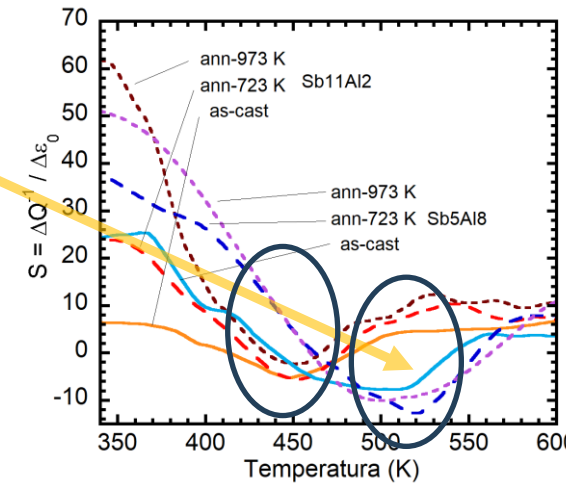
En ambas aleaciones se observó el pico de la MT entre 450 K y 500 K, el cual presentó un desplazamiento en temperatura y una disminución en el ancho conforme aumentaba la temperatura de recocido. La altura del pico es mayor en la aleación Sb5Al8 indicando una mayor fracción de volumen transformada. La dependencia del amortiguamiento con la deformación resulta negativa en la zona del pico y positiva fuera del pico. Esto se encuentra de acuerdo con los modelos existentes.
En fase martensita el amortiguamiento aumenta con la deformación (S > 0), en la zona de pico de la MT hay una competencia y generalmente es negativo (S < 0) y en fase austenita puede ser cero o positivo cercano a cero. Los cambios en el pico de la MT, en el fondo de amortiguamiento y en el ADD son producto de los efectos del recuperado de vacancias y dislocaciones en recocidos hasta 723 K, y la formación de precipitados por los recocidos a 973 K. Recocidos a 1173 K desplazan el pico a menores temperaturas.



Amortiguamiento - Sb11Al2 y Sb5Al8



Amortiguamiento - Sb5Al8



ADD - Sb11Al2 y Sb5Al8

CONCLUSIONES

Se investigaron MSMA de composición $Ni_{50}Mn_{37.5}Sb_{10.5}Al_2$ y $Ni_{50}Mn_{37.5}Sb_{4.5}Al_8$ donde se estudiaron la influencia de los tratamientos térmicos MT mediante MS. Le respuesta anelástica reflejó los efectos de la competencia entre las tensiones internas, la recuperación de defectos y la formación de precipitados, en función de los recocidos. El análisis del ADD reveló la evolución característica de las curvas de S desde la fase martensita hasta la austenita y, en particular, durante la MT, mostrando la competencia entre la componente transitoria y no transitoria. Los tratamientos térmicos que mejoran la movilidad interfacial aumentan la contribución de la componente no transitoria.

REFERENCIAS

F. G. Bonifacich, et al. Smart Mater Struct, 35 (2026) 065017. F. G. Bonifacich, et a. Mater Trans JIM. 57 (2016) 1837-1844.

AGRADECIMIENTOS y FINANCIAMIENTO

PPCT-UNR 80020220600018UR (2023–2026), PID-UNR 80020220700026UR (2023–2026) y PIP-CONICET 11220210100073CO (2022–2024), Convenio de Cooperación Internacional Interuniversitaria entre la UNR y la UPNA Res. C. S. 3812/2021 (2021–2026) and Res. C. S. 5357/2026 (2026-2027) y entre la UNR y la UPV/EHU Res. C. S. 2519/2021 (2021–2026) y pendiente de firma (2026-2031).