

CARACTERIZACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DE ALAMBRES SUPERCONDUCTORES de MgB₂ MULTIFILAMENTARIOS POR TOMOGRAFÍA DE RAYOS X

Maria Teresa Malachevsky (1), Edgardo Oliber (1), Fernando Burgos(1), Cesar Sobrero (2), Juan Manuel Vallejos (2), Adriana Serquis (1), Claudio D'Ovidio (1), Daniel Bianchi (3), Pablo Vizcaino (3).

(1) Centro Atómico Bariloche-CNEA, Bariloche, Argentina. (2) IFIR-CONICET, Rosario, Argentina. (3) L.M. FAE, Centro Atómico Ezeiza-CNEA, Buenos Aires, Argentina.
Email:malache@cab.cnea.gov.ar

La fabricación de alambres superconductores con un material frágil como el diboruro de magnesio se realiza por el método de powder-in-tube (PIT) [1]. La configuración final del alambre consiste en una vaina exterior de un metal dúctil, varias almas de superconductor y estabilizadores térmicos de cobre. Para poder estudiar las propiedades superconductoras y mecánicas de los alambres hace falta conocer con el mayor detalle posible esta configuración interna. Para la caracterización superconductor, uno de los parámetros principales es la densidad de corriente crítica. Para ello es indispensable conocer el área transversal de los filamentos superconductores. Para el empleo de los alambres en la fabricación de bobinas, hay que evaluar la calidad de las interfaces metal-superconductor, sitio donde tienen origen las mayores tensiones debidas a la diferencia de ductilidad entre la vaina y el MgB₂ [2]. También influye la disposición de los estabilizadores de cobre, extremadamente dúctiles, y la existencia de imperfecciones como grietas o defectos de llenado [3]. Poder conseguir esta información mediante observaciones en un microscopio de barrido SEM, implica una larga preparación previa de las muestras de alambre. Estas deben incluirse en resina en 2 orientaciones diferentes (longitudinal y transversal) y pulirse hasta exponer el superconductor. A partir de un par de muestras en ambos cortes se puede estimar la homogeneidad y dimensiones de los filamentos superconductores. Una forma de simplificar este proceso es utilizar un microscopio de rayos x tomográfico marca Xradia Micro XCT-200 que posee una resolución espacial del orden de 1 μm con su mayor magnificación. En una única medición se consigue analizar una gran cantidad de cortes (slices) tanto transversales como longitudinales. Como ejemplo, en la figura 1 se puede observar una comparación de una imagen obtenida con un SEM y un corte transversal por tomografía. El hecho de poder utilizar numerosos cortes permite estimar el área transversal de los filamentos a partir de varias mediciones con un error mucho menor al que se obtiene con el SEM. En la imagen tomográfica se observa con mayor detalle la disposición final de los estabilizadores de cobre y se puede identificar la presencia de grietas y agujeros debido a un llenado poco eficiente de la vaina metálica de partida. Si además se hace uso de la reconstrucción tomográfica en 3D, se puede evaluar la homogeneidad de la interfaz metal-superconductor en todo el volumen. En la figura 2 se presenta como ejemplo comparativo la reconstrucción del volumen de un alambre de 4 filamentos con interfaces altamente inhomogéneas y uno de 10 filamentos con interfaces netas. Efectuando cortes en 2D es fácil observar la homogeneidad de la interfaz metal-superconductor y evaluar el posible daño en el superconductor al hacer una bobina. En la figura 3-a se presenta un corte transversal de una espira fabricada con alambre de 4 filamentos. Si se efectúa un corte a lo largo de la línea verde, se puede observar en la figura 3-b la integridad de 2 de los filamentos superconductores. Se puede ver la baja densidad del superconductor y la presencia de numerosas microgrietas que disminuyen la corriente que puede transportar el alambre. También se puede evaluar la calidad de la interfaz metal-superconductor en estos cortes longitudinales 2D. Este tipo de identificación al SEM se dificulta por la deformación del material durante el pulido y la dificultad en el montaje de los alambres para el pulido longitudinal. Si bien el SEM sigue siendo necesario para ver en detalle la microestructura del alambre, la tomografía es una muy buena técnica para una evaluación completa de la configuración interna de estos materiales compuestos, permitiendo un análisis rápido de la respuesta mecánica en flexión.

REFERENCIAS

- [1] Sobrero C.E., Vallejos J.M., San Martin V., Malachevsky M.T., Serquis A.C., (2015) "Multifilamentary MgB₂ wires prepared by an in-situ powder-in-tube method" *J. Low Temp. Phys.* 179:119-125.
[2] Malachevsky M.T., Serquis A.C., Serrano G., Morales Arias J.P., Giunchi G., Perini E., (2011) "Effect of the Powder Strain State on the Mechanical Properties of MgB₂ Tapes" *IEEE Trans. Appl. Supercond.* 21(3):2676-2679.

[3] Sobrero C.E., Malachevsky M.T., Serquis A.C., (2015) "Core microstructure and strain state analysis in MgB₂ wires with different metal sheaths" *Advances in Condensed Matter Physics* doi:10.1155/2015/297363.

FIGURAS

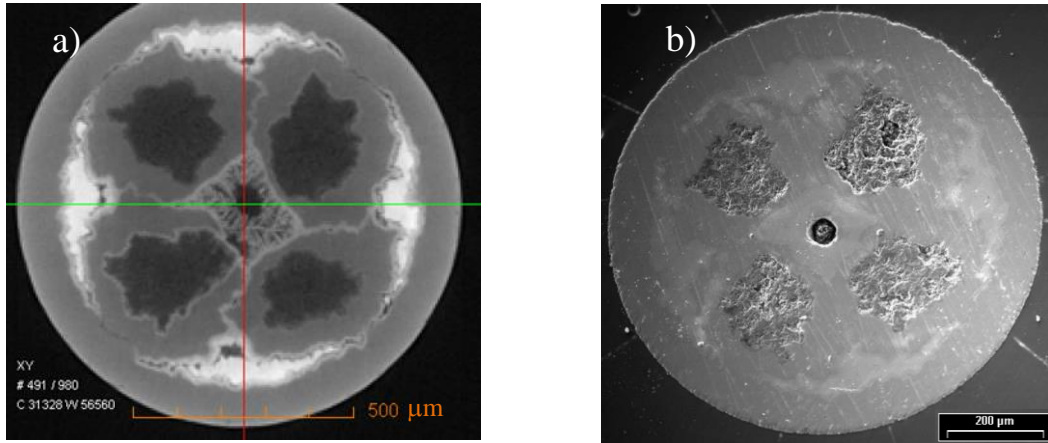


Figura 1: Comparación de corte transversal de un alambre de 4 filamentos: a) tomografía y b) imagen de SEM.

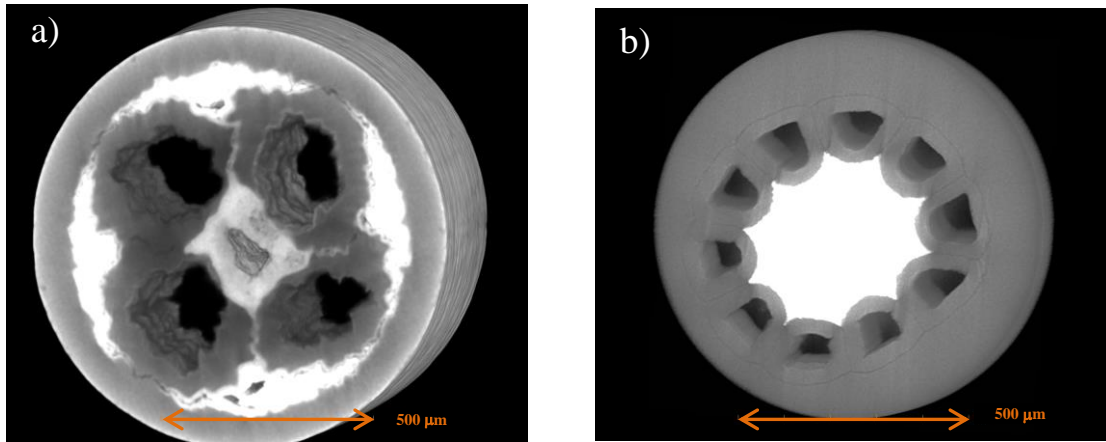


Figura 2: Evaluación de la homogeneidad de interfaces metal superconductor mediante reconstrucción volumétrica: a) interfaces inhomogéneas en un alambre de 4 filamentos y b) interfaces homogéneas en un alambre de 10 filamentos.

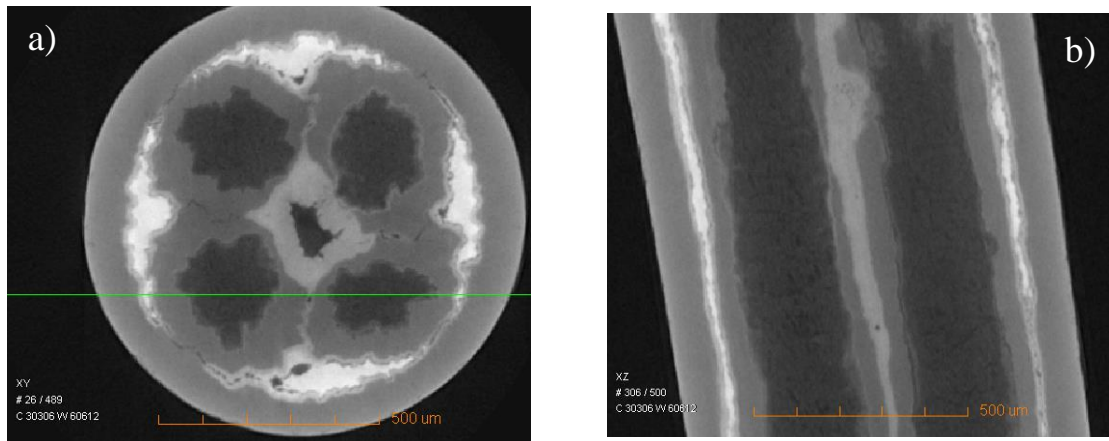


Figura 3: Evaluación de la homogeneidad de interfaces metal superconductor mediante cortes: a) corte transversal donde la línea verde indica donde se efectúa el corte longitudinal y b) corte longitudinal mostrando la presencia de microgrietas en los filamentos superconductores.