

CARACTERIZACIÓN MICROESTRUCTURAL DE Zr-1%Nb EN CORDONES DE SOLDADURA LASER

Carlos Espinoza (1), Alejandra Flores (2), Facundo Smietuch (1), Alberto Mender (1), Pablo Vizcaino (2).

(1) Proyecto Fuentes Selladas, Centro Atómico Ezeiza. CNEA, Ezeiza, Argentina. (2) Departamento de Tecnología de Aleaciones de Circonio, Centro Atómico Ezeiza, CNEA, Ezeiza, Argentina.
Email: espinoza@cae.cnea.gov.ar

Las aleaciones de circonio son de gran interés en la tecnología nuclear porque poseen baja sección eficaz de captura de neutrones, resistencia a la corrosión y buenas propiedades mecánicas aún a altas temperaturas. Con estas aleaciones se fabrican tubos de presión, vaina de elementos combustibles y otros componentes estructurales de reactores nucleares. Conocer los efectos del proceso de soldadura es vital para la fabricación de componentes. Durante la soldadura se generan cambios microestructurales relevantes que cambian las propiedades originales del material [1,2]. El proceso de soldadura láser se caracteriza por la alta densidad de energía depositada en el material, no necesita material de aporte, genera una pequeña zona afectada térmicamente y poca deformación, además se puede automatizar [3]. En el presente trabajo se realiza una caracterización microestructural de una aleación de Zr-1%Nb afectada por un láser pulsado de alta potencia. En una vaina de Zr-1%Nb de 1mm de espesor, se realizaron 12 cordones de soldadura para evaluar el efecto de la potencia del haz láser, utilizando un láser de Nd:YAG pulsado de alta potencia, variando desde 400W hasta 2000W la potencia máxima. La soldadura se realizó garantizando una atmósfera inerte localizada mediante flujo de Argón. Se realizaron cortes transversales a la dirección de soldadura, desbaste y pulido con lijas al agua número 180, 400, 600, 1200, 2400 y finalmente ataque químico utilizando una solución con 50% ácido nítrico y 2 % ácido fluorhídrico durante 15 segundos para revelar la microestructura. Mediante observación con microscopio óptico metalográfico y microscopio electrónico de barrido (SEM) se evaluó la calidad superficial de la soldadura, la penetración obtenida en cada cordón y la identificación microestructural de cada zona. Encontramos que el ancho y la penetración de los cordones de soldadura aumentan conforme aumenta la potencia del haz láser. Alcanzando 0,76mm de penetración para una potencia de 2kW. En la Figura 1 se muestra los cordones de soldadura en vista superior y transversal, para diferentes valores de potencia del haz. En la vista superior se puede evaluar la calidad superficial de la soldadura, se observa que conforme aumenta la potencia aumenta el salpicado en el cordón. En las vistas transversales se puede identificar claramente la zona fundida, la zona afectada térmicamente y la aleación original o material base. La presencia de la atmósfera inerte es importante en el proceso de soldadura, la ausencia de esta protección genera oxidación, fisuras y micro-fisuras. En la Figura 1a se puede apreciar claramente la presencia de óxidos en ambas vistas (superior y transversal) del cordón N°1. Mediante observaciones en microscopio electrónico de barrido (Fig. 2) se confirma la presencia de fisuras y micro-fisuras en el cordón de soldadura (Fig. 2a, 2d y 2g) y en la zona afectada térmicamente. Una adecuada protección evita la presencia de estos defectos (Fig. 2e y 2f), como se muestra de manera comparativa en los cordones N° 10 (Fig. 2b) y N° 12 (Fig. 2c), además se puede apreciar con detalle la morfología superficial en el cordón de soldadura, donde se aprecia indicios de crecimiento dendrítico columnar (Fig. 2f) y dendrítico equiaxial (Fig. 2e y 2h) característico de un proceso de rápida solidificación. Se puede delimitar claramente las diferentes regiones de soldadura, en la figura 2i se identifica claramente la zona fundida (ZF), zona afectada térmicamente (ZA) y el material base (MB), se identificaron estas zona en un corte transversal en el cordón N° 12 (Fig. 3) mediante imágenes ópticas, comparativamente se muestra la zona indicada en la Figura 3a, con (Fig. 3c) y sin (Fig. 3b) utilización de filtros ópticos, se puede apreciar la transición del material base a la zona fundida. Se identifica material recristalizado de granos equiaxiales y precipitados de niobio. De este estudio podemos concluir que hasta ahora y con los parámetros estudiados se alcanzó los 0,76mm de penetración. Se identificó las diferentes zonas de soldadura. Se observa la presencia de material re-cristalizado de granos equiaxiales y precipitados de niobio en el material base. Es factible la soldadura de aleaciones de Zr mediante radiación láser se garantiza un buen acabado y reproducibilidad de las soldaduras. La atmósfera inerte es vital durante la soldadura afecta significativamente la calidad y presencia de fisuras y micro-fisuras.

REFERENCIAS

- [1] J. Santisteban, et al., Tensiones Residuales en Soldaduras de Zircaloy, XXXVI Reunión Anual de la Asociación Argentina de Tecnología Nuclear, Buenos Aires, 2009.
- [2] A. Moya Riffo, et al., Caracterización de la Textura Cristalográfica por Difracción de Rayos-X de Alta Energía en una Soldadura de ZRY-4, XL Reunión anual de la Asociación Argentina de Tecnología Nuclear, Buenos Aires, 2013.
- [3] C. Espinoza, et al., Soldadura Laser en Materiales de Interés Nuclear, XLII Reunión Anual de la Asociación Argentina de Tecnología Nuclear, Buenos Aires, 2015.

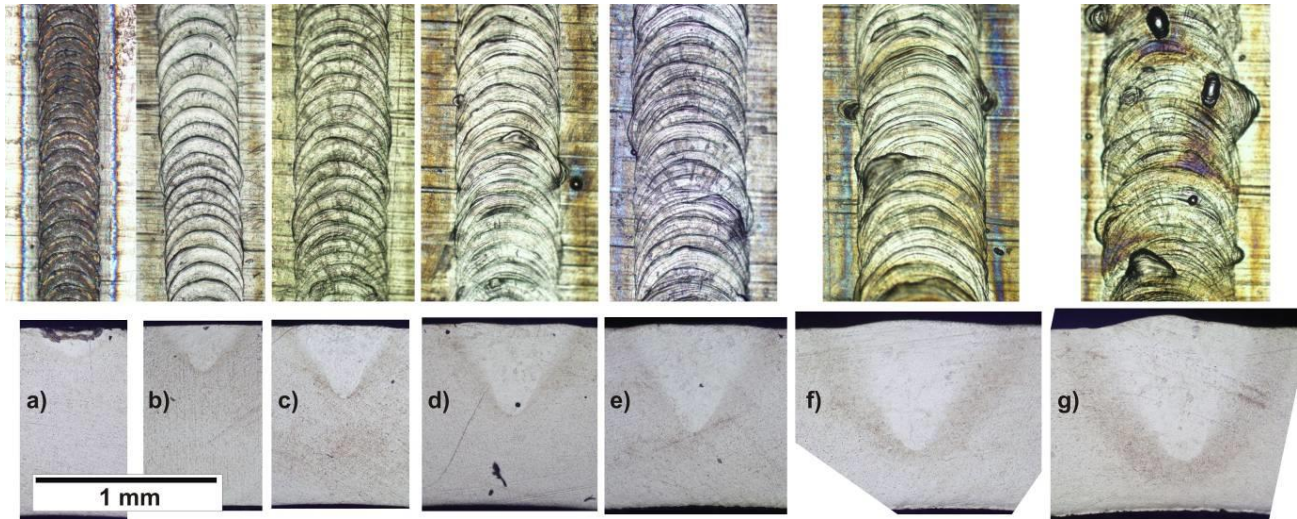


Figura 1. Imágenes de cordones de soldadura láser en vista superior y transversal, potencia de haz láser *a)* 0.4kW *b)* 0.7kW *c)* 1.0kW *d)* 1.2kW *e)* 1.5kW *f)* 1.8kW *g)* 2.0kW.

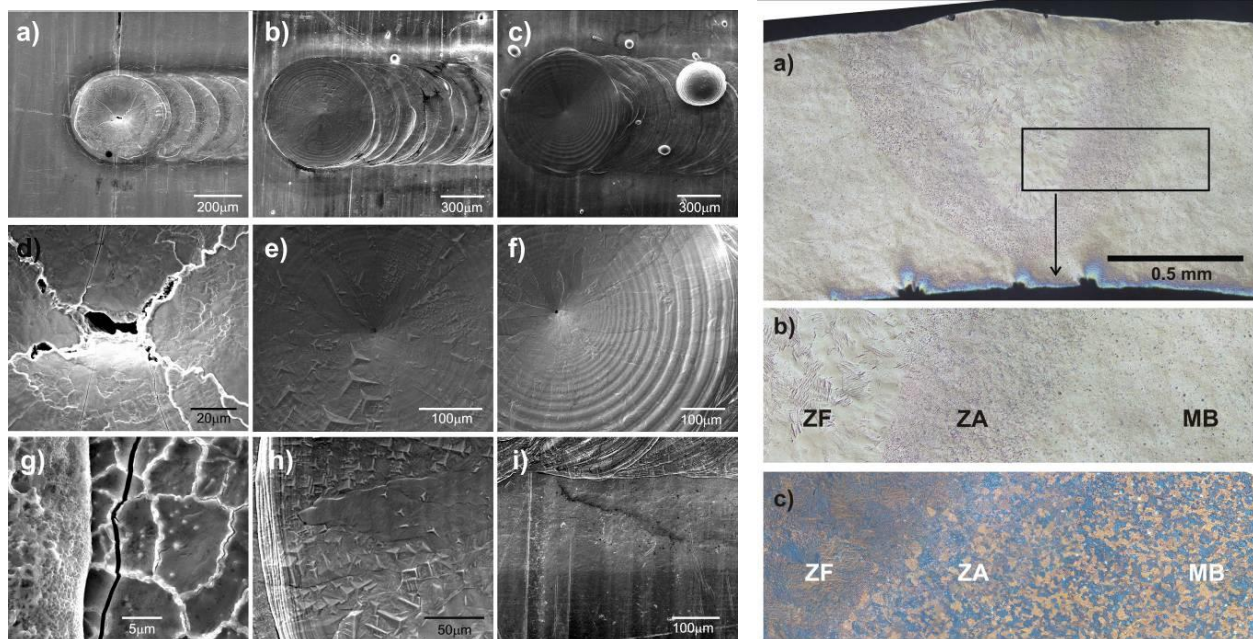


Figura 2. Imágenes SEM de los cordones de soldadura *a)* 0.4kW, *b)* 1.6kW y *c)* 2.0kW. *d)* fisuras de 0.4kW. *e)* final de cordón N° 10 y *f)* 2.0kW. Crecimiento dendrítico columnar. *g)* micro-fisura. *h)* Crecimiento dendrítico equiaxial. *i)* Zonas afectadas por la soldadura.

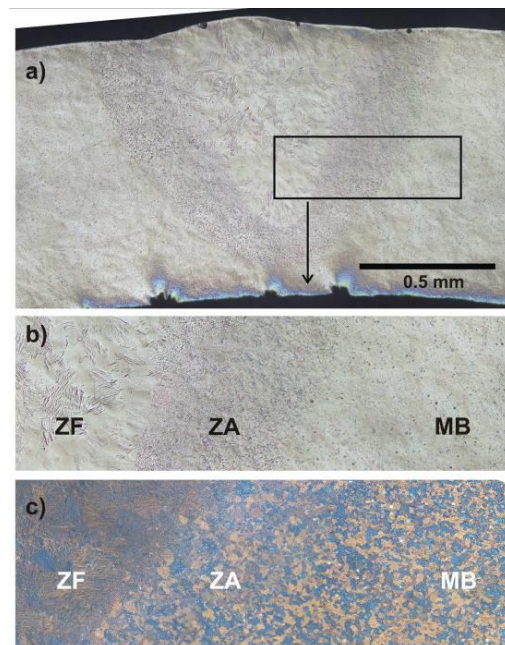


Figura 3. Imagen transversal del cordón 2.0kW *a)* Identificación de las zonas de soldadura. *b)* Detalle sin filtro óptico. *c)* Detalle con filtro óptico. En el MB granos equiaxiales y precipitados de niobio.