

PREPARACION DE PROBETAS EN ALEACIONES DEL ZIRCONIO
EN HORNO DE ARCO POR COLADA EN VACIO

J.C. Bolcich Y H.A. Peretti
Centro Atómico Bariloche* - Instituto Balseiro*#
8400 S.C. de Bariloche - Río Negro

I Introducción

Con el objeto de : a) cambiar la estructura de solidificación de muestras de aleaciones obtenidas en forma de botones¹ tendiente a obtener granos más pequeños. b) Economizar material y tiempo de maquinado para pasar del lingote al tipo de probeta deseada; se penso que sería conveniente obtener por colada directamente las muestras con una geometría dada, p.ej. barras cilíndricas.

Para tal fin, se diseñó y construyó el dispositivo que se describe en el presente trabajo para ser usado en un horno de arco.

El mismo permite obtener probetas cilíndricas por colada en vacío en aleaciones de Zr y en otros metales, siendo particularmente útil para aquellos metales de alto punto de fusión y que presentan dificultades para su trabajado posterior.

II Descripción del Equipo

Se empleó un horno de arco de electrodo no consumible de tungsteno y crisol de cobre refrigerado, con cámara de vacío "estanca" y fuente de corriente continua de hasta 300 Amps a la cuál se encuentra acoplada una fuente de alta frecuencia para iniciar el arco.(fig.1)

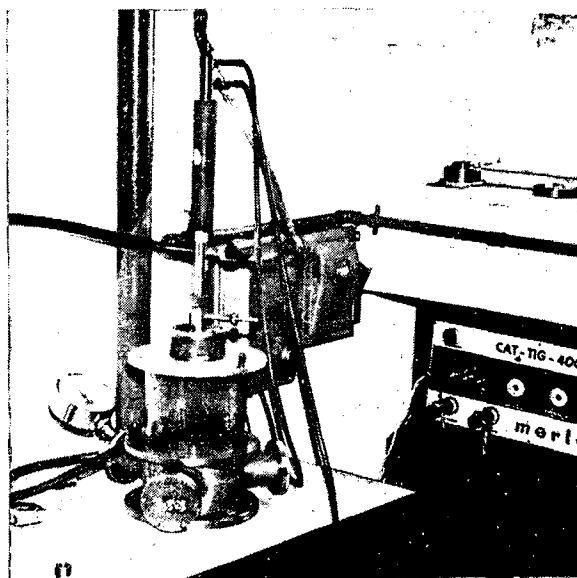


Fig. 1

Vista exterior del horno de arco

El crisol de cobre tiene en su parte inferior una rosca interior que se monta sobre una "espiga" de bronce, dentro de la cual circula el agua de refrigeración. (fig. 2)

El intercambio de calor espiga-crisol, se produce a través de la misma rosca y de la base del crisol.

Este diseño, permite cambiar facilmente un crisol con cavidad semiesférica (para fundir botones); o lingotera horizontal (para fundir barras) o disponer de un crisol para colada en vacío ², ³. (fig. 3)

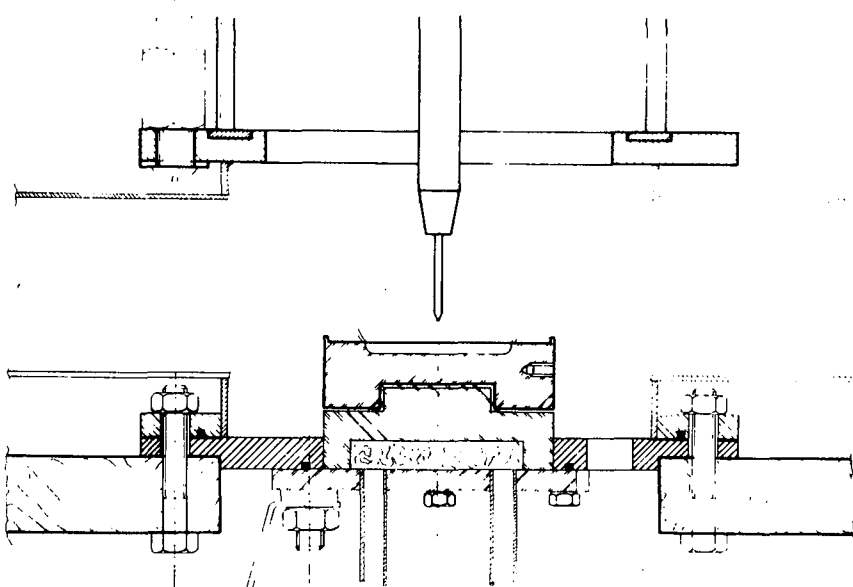


Fig. 2
Cámara de vacío, torcha
(electrodo) y crisol con
lingotera horizontal.

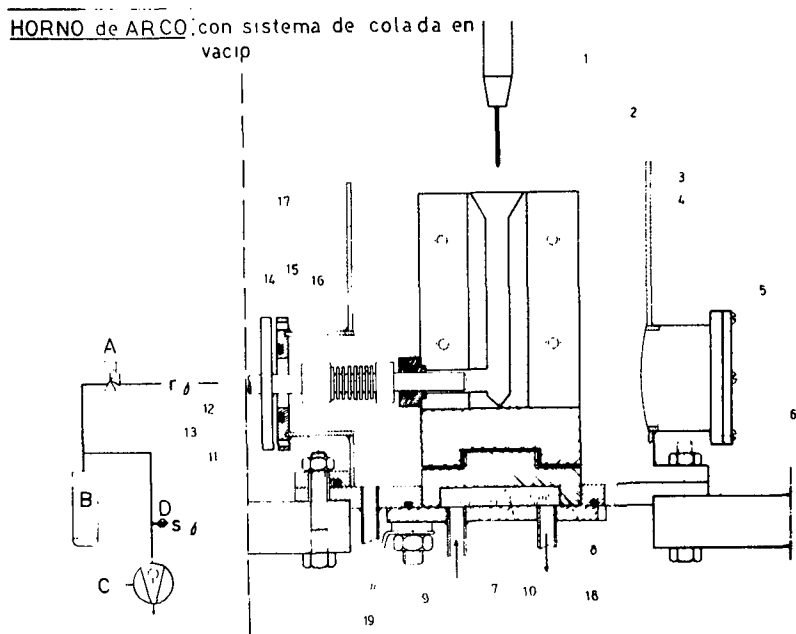


Fig. 3
Crisol con dispositivo
para colada en vacío.

El crisol para colada en vacío, consta de dos cilindros concéntricos partidos en la mitad según un plano vertical que contiene al eje del cilindro. (fig. 4)



Fig. 4

Crisol abierto mostrando una barra cilíndrica.

Las dos mitades externas se acoplan por medio de 4 tornillos. En la parte inferior, hay un orificio por donde se produce la "succión". Esta última, se realiza mediante un tubo que conecta al crisol con un cierre con O-ring. Un segmento del tubo es de caño flexible (bellow), lo que posibilita su movimiento axial y acople durante el montaje.

Dicho tubo pasa al exterior a través de la cámara de vacío y se conecta mediante una válvula solenoide con un volumen vacío (pulmón) de 20lts.

Las otras dos mitades internas que forman el crisol propiamente dicho, apoyan sobre las paredes internas del cilindro externo.

La cara partida se coloca girada (en gral. a 90°), respecto a la cara partida del cilindro externo; con el fin de asegurar un mejor cierre de vacío y extracción de calor.

De esa manera, se puede disponer de cilindros internos con distintas cavidades y obtener así probetas de sección cilíndrica o rectangular.

La aleación preparada en forma de botón se coloca sobre la cabeza del crisol y luego se funde.

Una vez en estado líquido el metal no cae dentro de la cavidad cilíndrica interna al crisol, sino que por tensión superficial se mantiene sobre

la boca del mismo.

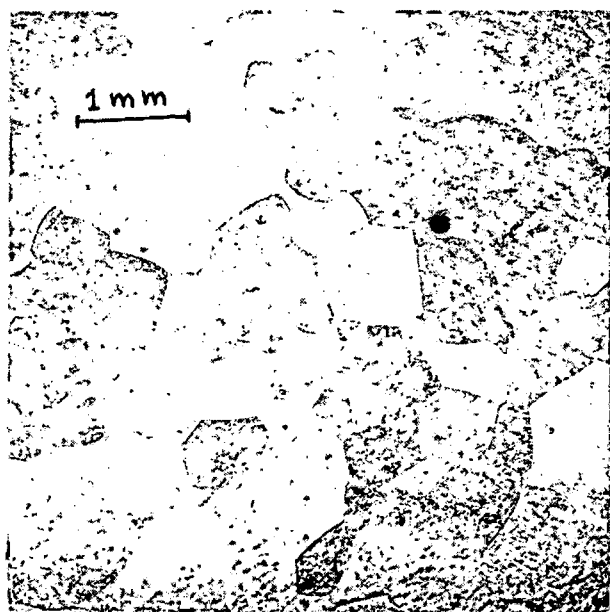
La colada se dispara entonces accionando la llave solenoide que conecta el pulmón con la cámara de vacío a través del fondo del cilindro. Dado que el pulmón está evacuado, mientras que la cámara de vacío tiene una presión de argón estanca del orden de 0,6 atmósferas, dicho procedimiento produce un empuje del metal fundido hacia abajo que desencadena el llenado del crisol, dentro del cual el metal solidifica. Toda la operación del horno puede ser efectuada por una única persona, ya que con una mano se maneja la torcha, con la otra se acciona la llave que dispara la válvula solenoide y con un pie se controla una llave que conecta y desconecta el arco.

III Resultados y análisis cualitativo

En observaciones previas¹, se vio que la estructura de solidificación de los botones es de granos alargados en la dirección de la extracción del calor, con los granos de menor tamaño en la zona adyacente al crisol. El tamaño promedio es de (1-3)mm.

Análogamente, las barras obtenidas por un proceso combinado de fundición y soldadura en lingotera horizontal presentaban una estructura similar a los botones, con un tamaño de grano característico de (0,5-2)mm.(fig.5)

Fig. 5



Microestructura de barra obtenida por fusión en lingotera horizontal.

En el presente caso de colada en vacío, para los cilindros se consigue un tamaño de grano fino (50-100) μ .

Para las probetas de sección rectangular, el tamaño de grano en la superficie es de $\sim 50 \mu$.

El rango de tamaños con que se trabajó fueron barras cilíndricas de diámetro entre 2 y 5mm y las longitudes logradas entre 1 y 8cm. Para cavidades de sección rectangular (0.8 x 4)mm se encontró que el llenado no era homogéneo y la longitud alcanzada era menor (~ 15 mm).

Utilizando difracción de rayos x, se estudiaron las fases presentes en el Zr puro colado sin tratamiento posterior, determinándose picos correspondientes a las fases α y β .

De acuerdo a la morfología y características de la estructura observada con microscopía óptica, la misma es del tipo Widmanstätten. Ello indica que la velocidad de enfriamiento en la superficie es alta $^{4-5}$.

Debido al grano pequeño producido por las condiciones de solidificación, se consigue una estructura más favorable para el trabajado en frío.

Se laminaron muestras de Zr puro, llevándolas desde un espesor de 0.8mm a 0.2mm.

Por martillado en frío, se consiguió reducir el diámetro de barras cilíndricas en un (20-30)% en Zr puro y (Zr-10% Nb-1%Al).

Se puede observar que para cada caso (condiciones geométricas del crisol y composición de la aleación), era necesario variar los parámetros disponibles hasta optimizar en forma empírica el proceso a fin de tener una buena colada.

Los factores que influyen en el resultado son el diámetro de la cavidad. La impedancia de la cañería y velocidad de succión. La geometría de la boca del crisol y su pulido de superficie. El tamaño del botón. La presión de argón.

Se pudo observar en acuerdo con otros autores $^{2-3}$ que un factor importante es la relación entre el tamaño del crisol y el del botón (masa del botón 1.5 a 2 veces la masa del lingote).

Se probó con líneas de succión de 5mm y de 12mm. de diámetro y no se encontró diferencia apreciable.

Una mayor presión de argón favorece la descarga del arco, contribuye a un mejor llenado y evita la evaporación de aleantes de bajo punto de fusión como el aluminio y el estaño.

Se concluye que controlando adecuadamente los parámetros señalados, el equipo permite obtener probetas de geometría regular en Zr puro, y otras aleaciones base Zr aleadas con metales de alto o bajo punto de fusión como el Nb y el Al.

Además, la morfología y estructura de solidificación es adecuada para el posterior trabajado en frío de esos materiales.

IV Referencias

- |1| J.C.Bolcich y H.A.Peretti, VII REunión Científica. AATN, San Rafael (Mendoza) 1978, (segunda presentación)
- |2| H.E.N. Stone - J.Phys. E 4, (1971) 1058.
- |3| J.E.Crow and A.R.Sweedler - Rev.Soc.Inst. 44, 9 (1973), 1398.
- |4| D.O.Northwood, R.A.Herring and D.G.Ivey; TMS Paper Selection, paper N° A78-17 (1978)
- |5| W.M.Rumball and C.E.Coleman; Journal of Nuclear Materials 36(1970),147.

* Comisión Nacional de Energía Atómica.

Universidad Nacional de Cuyo.

- |5| C.A.Luke, R.Taggart and D.H.Polonis, Trans.Am.Soc.Met,57 (1964)142.
- |6| J.C.Bolcich y H.A.Peretti, VIII Reunión Científica AATN, Buenos Aires, (1979), (segunda presentación).
- |7| G.A.Delvecchio, D.O.Northwood and J.Rezek Journal of Nuclear Materials 35 (1970), 67.
- |8| G.A.Delvecchio, D.O.Northwood, D.E.Osborne and J.Rezek; Journal of Nuclear Materials 38 (1971) 121.
- |9| D.O.Northwood; Journal of the Less-Common Metals, 57 (1978) 231.
- |10| F.D.S.Marques; Z.Metallkunde, Bd 69 (1978) H3, 157.
- |11| J.C.Bolcich, H.A.Peretti y M.Ahlers; Reunión Nacional de Física 1979.
- |12| J.C.Bolcich y H.A.Peretti, VII Reunión Científica AATN, San Rafael (Mendoza), 1978 (segunda presentación).

* Comisión Nacional de Energía Atómica

Universidad Nacional de Cuyo