

INVESTIGACIONES EN ALEACIONES DE Zr-Nb EN EL CAB

J. C. Bolcich, R. Rapacioli y Manfred Ahlers

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
NO 1	AÑO 1980

Div. Ciencia de Materiales

Centro Atómico Bariloche

Comisión Nacional de Energía Atómica

Introducción:

En el año 1977 se comenzó en los laboratorios de Ciencia de Materiales, con investigaciones en aleaciones de Zr-Nb. Esto surgió como resultado de dos aspectos principales:

- a) La importancia tecnológica que estas aleaciones tienen para su uso en reactores.
- b) La experiencia lograda por el grupo de transformaciones de fases en otros materiales que presentan transformación martensítica.

Uno de los propósitos es obtener aleaciones de Zr-Nb que presenten propiedades tales como: efecto memoria y pseudoelasticidad.

La aleación Zr-Nb, presenta una fase β que es estable solamente a altas temperaturas⁽¹⁾, pudiéndose transformar en otras fases a temperaturas menores, dependiendo de la composición de la aleación y velocidad de enfriamiento⁽²⁾. Para determinadas concentraciones, puede obtenerse por templado fase martensítica.

Dependiendo del porcentaje de Nb, cambia la morfología de la martensita⁽³⁾, como así también la temperatura M_S de transformación de fase^(4, 5), durante el templado desde la fase (bcc) en que está en solución sólida. Aumentando el contenido Nb (0-6)%, la temperatura M_S baja desde 800°C a 400°C aproximadamente. Se busca lograr una composición tal que permita obtener una temperatura de transformación M_S igual a 0°C; a los efectos de estudiar la martensita inducida por tensión y el grado de recuperación a la fase β original al desaparecer la tensión aplicada (efecto pseudoelástico).

Antecedentes:

Hemos de referirnos ahora, a la transformación de fase que en particular

nos interesa estudiar en la aleación Zr-Nb: la transformación martensítica.

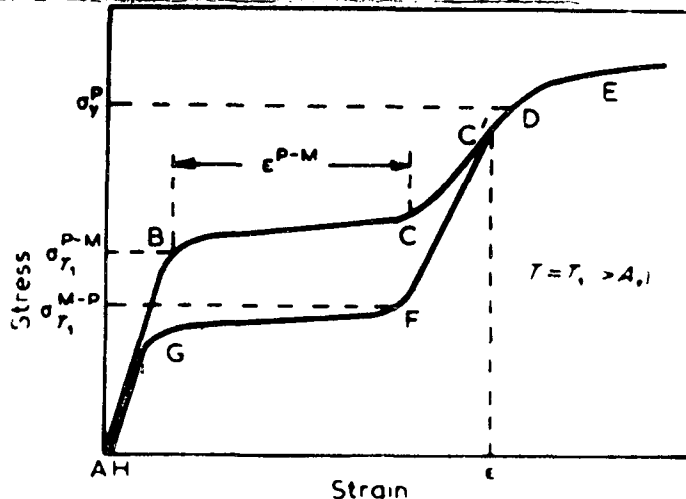
Todos conocen esta transformación en aceros y las propiedades asociadas. Sin embargo, desde hace aproximadamente cuatro décadas se han ido descubriendo numerosas aleaciones no ferrosas que transforman martensíticamente.

Nuestro grupo, trabaja en aleaciones en base cobre, desde el año 1968. Estas aleaciones tienen propiedades mecánicas especiales y diferentes a aquellas que ocurren en los aceros. Dos de esas propiedades son:

Efecto Memoria: La fase martensítica, se forma, en los materiales a los que nos referimos, cuando se temple una fase (cúbica de cuerpo centrado) estable a temperaturas relativamente altas (en general más de 500°C). La transformación puede producirse en forma espontánea durante el templeado a una temperatura M_S , que se encontrará por sobre o por debajo de temperatura ambiente.

Estando el material en fase martensítica, si se le practica una deformación plástica y posteriormente se lo calienta por sobre la temperatura de retransformación a β , cuando se produce la retransformación el material recupera la forma que tenía inicialmente en esta fase. Este fenómeno se conoce como "efecto memoria de forma".

Pseudoelasticidad: Supongamos retenida por templeado la fase β a una determinada temperatura. En esas condiciones enfriamos el material hasta una temperatura aproximadamente 30 grados superior a la de transformación espontánea M_S . Si ahora, aplicamos una tensión a nuestro material, se inducirá la transformación martensítica y la muestra transformará a esa fase. Si la tensión es de tracción (o compresión) cuando la muestra esté totalmente transformada se habrá elongado (o comprimido) aproximadamente el 7% de sus medidas iniciales, este porcentaje depende del material que estemos utilizando; cuando se retira la tensión aplicada, la muestra recuperará su tamaño inicial como puede deducirse de la figura 1.

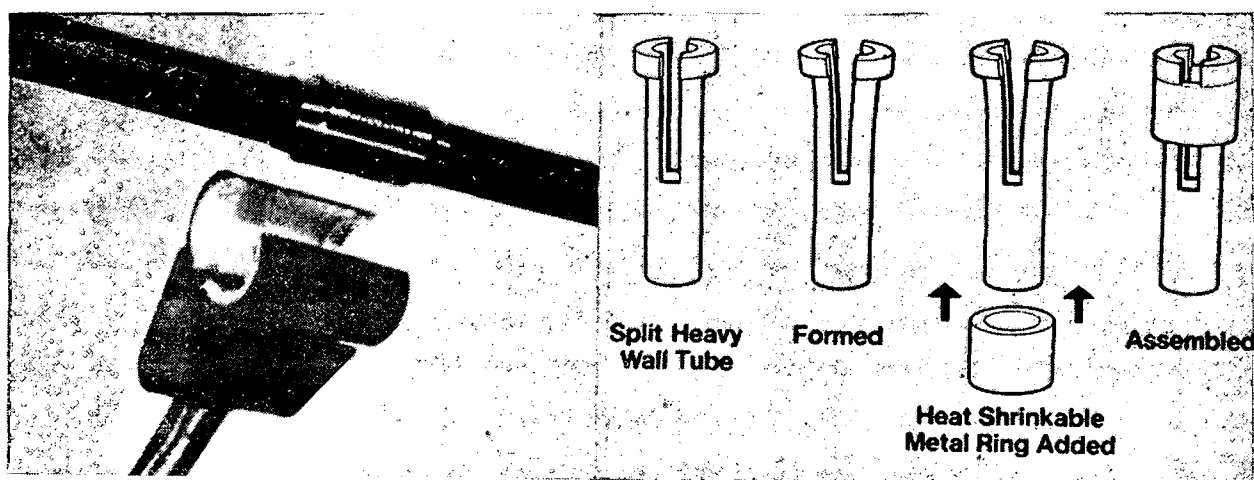


La tensión necesaria para inducir la transformación, es linealmente dependiente de la temperatura a la que nos encontremos cuando se realiza el ensayo. Si en vez de estar a 30 grados de M_S nos encontráramos a 50 grados, necesitaríamos más tensión para que la transformación comience a producirse.

Aplicaciones:

De acuerdo a nuestras informaciones, solo las aleaciones de Ti-Ni son utilizadas masivamente en la fabricación de diversos dispositivos⁽⁶⁾. Aleaciones en base cobre, especialmente de Cu-Zn-Al, están siendo experimentadas en variadas aplicaciones pero aún no han sido transferidas a la industria.

Respecto a Ti-Ni, las fotos 1 y 2, muestran piezas ofrecidas por la fábrica Raychem Corp. En la primer foto, observamos un dispositivo para acople de tubos de alta presión, que evita soldaduras y permite su desacople inmediato por enfriamiento (efecto memoria de forma). En la foto 2, el mismo efecto es utilizado en conectores eléctricos.



En cuanto a las aleaciones de Cu-Zn-Al, en nuestro laboratorio se han desarrollado dispositivos tales como: sensor de nivel de líquidos, termostatos y máquina de deformación apta para trabajar en pequeños espacios aislados. Además, se está desarrollando una máquina prototipo con el fin de aprovechar fuentes de energía no utilizables por otros medios.

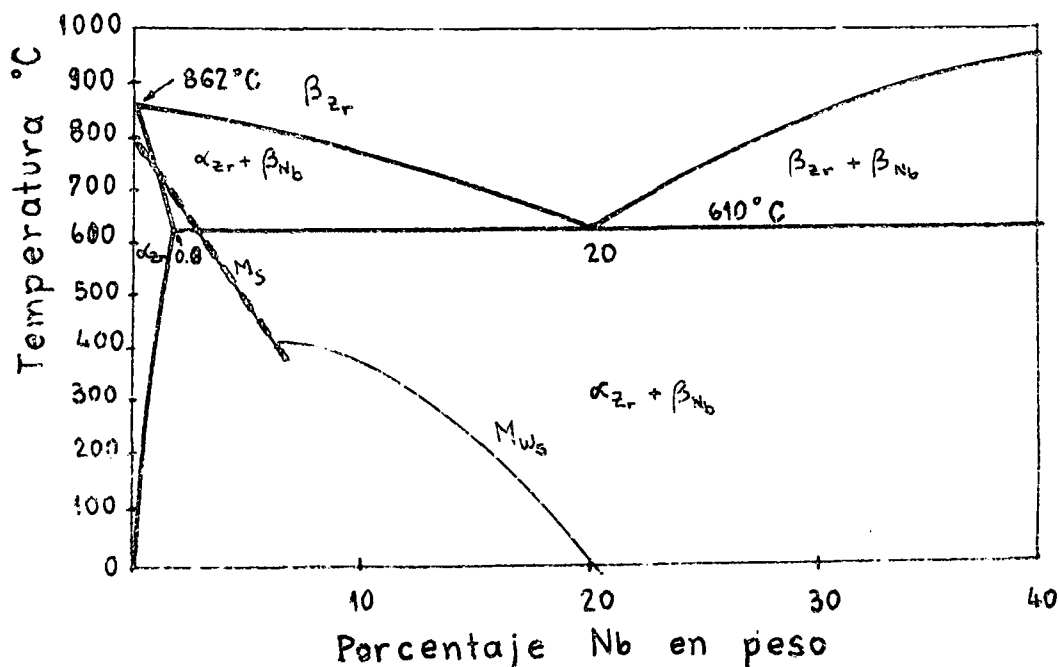
Otras posibles aplicaciones son:

- servomecanismos
- sistemas contra incendios
- llaves y válvulas térmica
- equipos ortopédicos y de bioingeniería
- estructuras antivibratorias

Aleaciones de Zr-Nb

Ninguna de las investigaciones publicadas hasta el presente hacen referencia a que este tipo de propiedades hayan sido encontradas en aleaciones de uso nuclear. Sin embargo un análisis de los estudios publicados sobre Zr-Nb, nos ha permitido suponer que sería posible lograr las propiedades mencionadas, al menos parcialmente, a condición que se superen problemas que le son propios, y que a continuación trataremos:

El diagrama de fase de esta aleación, fig. 3, muestra que por templado desde la fase beta ocurre la transformación martensítica a las temperaturas M_S indicadas con la línea punteada señalada en el mismo. Como puede verse esta transformación tiene una discontinuidad alrededor del 7.5% de Nb; zona que aún no ha sido suficientemente estudiada. Para concentraciones de Nb mayores del 7.5%, por templado se obtiene a temperatura ambiente, fase β (bcc) con precipitados de fase ω (hcp). Señalaremos que de acuerdo a lo que se observa en otras aleaciones, se esperaría un comportamiento diferente, es decir, que la línea de transformación M_S continuara hacia mayores concentraciones de Nb, y que para una aleación de Zr - 13%Nb se tuviera la transformación espontánea a 0°C aproximadamente.



Esta discontinuidad, en la temperatura de transformación martensítica ocurre para la concentración en la cual comienza a nuclearse fase ω , la cual introduce importantes cambios en las propiedades mecánicas de la fase β , en esta aleación. Probablemente, la aparición de esta fase inhibe la transformación martensítica. El esfuerzo principal de nuestras investigaciones está dirigido al estudio de la influencia de la fase ω sobre la transformación martensítica y de los tratamientos termomecánicos necesarios que permitan influir sobre dicha fase. Mencionaremos que ciertas interacciones entre fase ω y fase martensítica, también ocurren en los materiales descritos anteriormente.

En un próximo trabajo, a exponerse en esta reunión, se presentan resultados, que muestran modificaciones producidas sobre la fase omega mediante tratamientos termomecánicos específicos.

Comentario final

Lo que se ha expuesto, constituye una síntesis de uno de los planes de investigación del grupo de transformaciones de fases. Durante el desarrollo de las investigaciones y por las características del CAB, en lo relativo a formación de personal a través de las carreras de Física y de Ingeniería Nuclear, se espera contribuir en la divulgación del conocimiento sobre la metalurgia física del circonio.

Bibliografía

- 1) Douglass, D. L., The Metallurgy of Zirconium, At. Energy Rev., Suppl. (1971).
- 2) R. F. Hehemann - Can. Metall. Quart. 11 (1972). 201.
- 3) S. Banerjee and R. Krishnaan - Acta Met. 19 (1971) 1317.
- 4) G. T. Higgins and E. E. Banks, Electrochem. Tech. 4 (1966) 341.
- 5) A. G. Mc. Mullen and J. G. Parr, Can. Metall. Quart. 4 (1965) 117
- 6) Shape Memory Effects in alloys - Plenum Press (1975) - pág. 517.