

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

04.80.12

CNEA-NT. 4/80.

REPUBLICA ARGENTINA
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
Dependiente de la Presidencia de la Nación
CENTRO ATOMICO BARILOCHE

"TRANSFORMACION MARTENSITICA INDUCIDA POR DEFORMACION
EN LA ALEACION Zr-10% Nb-1% Al"

J.C. Bolcich, H.A.Peretti y M.Ahlers

BUENOS AIRES

1980

RESUMEN

Con el fin de encontrar el efecto pseudoelástico en una aleación base zirconio, se buscó una aleación que por templeado retuviera la fase β (bcc) metaestable y que luego por deformación fuera posible inducirle la fase martensítica α'_p (hcp).

En la aleación binaria Zr-Nb, dependiendo del contenido de Nb se obtiene por templeado fase martensítica o bien se retiene fase β junto con la formación de precipitados ω . Ello se explica de acuerdo al criterio de Lucke.

De trabajos previos en Zr-Nb resulta muy dificultoso modificar la fase β por tratamientos mecánicos. Ello se puede relacionar con los precipitados ω , las tensiones internas y la fragilidad de esa aleación.

Adicionando 1% de Al, que es un estabilizador α , se observa fase β luego del templeado y una modificación de los precipitados ω , resultando el material más dúctil. El mismo se deformó por laminación a temperatura ambiente y de aire líquido, evaluándose las fases presentes luego de cada tratamiento con microscopía óptica, electrónica y rayos X.

Para deformaciones del 5% a temperatura ambiente ya se observan en algunos granos de la muestra placas de martensita. En direcciones bien definidas. Laminando a baja temperatura se observa mayor cantidad de martensita y una morfología diferente.

Al progresar la deformación, aumenta la cantidad de placas de martensita, quedando aún fase β sin transformar para un 70% de deformación.

I INTRODUCCION

Para que el efecto pseudoelástico [1] ocurra, es condición necesaria (pero no suficiente), inducir la transformación de fase martensítica por deformación.

En el Zr la fase de alta temperatura es bcc(β) [$T > 860^\circ\text{C}$] y a baja temperatura se tiene fase α (hcp).

En la aleación binaria Zr-Nb para bajo contenido de Nb < 6,5% se obtiene por templado fase α' (hcp) martensítica.

Si el contenido de Nb está entre (6,5%-20%) se retiene fase β y aparecen precipitados ω , al temprar la muestra.

Si el contenido de Nb es mayor que el 20%, templando se retiene solo fase β . (Fig. 1)

Lo anterior, está explicado con el criterio de Lucke [2], que considera que si en una aleación de Ti o Zr (valencia 4) se agrega un aleante con un N°alto de electrones $\underline{d}$; o con valencia mayor que 4, se produce una estabilización de la fase de alta temperatura β .

Concretamente, la estabilidad de β está directamente relacionada con la concentración electrónica por átomo De/a . [$\text{De/a} = 4.00$ para Zr puro).

[	Si $\text{De/a} \leq 4.06$ se obtiene martensita por templado
	Si $\text{De/a} \geq 4.14$ se retiene solo fase β .
	Si $4.06 \leq \text{De/a} \leq 4.14$ se retiene fase β con precipitador $\underline{\omega}$

El Nb tiene valencia 5 y es estabilizador β .

En cambio, si se agrega Al (valencia 3), actuará en "oposición" al Nb y favorece la estabilización de α .

De trabajos previos, [3-4] ha resultado muy difícil modificar

la fase β por tratamientos termomecánicos en aleaciones de Zr (8-15)% Nb. Posiblemente debido a la presencia de ω el material es muy frágil y al intentar deformarlo se produce su rotura sin observarse cambio de fase.

También, es probable que las tensiones internas sean muy altas.

Si el contenido de Nb es $> 20\%$, se retiene solo β pero muy estable. Por más que se deforme el material no se induce una nueva fase.

Entonces, se modificó la aleación Zr-10% Nb adicionado 1% de Al.

El material resulta más dúctil y es posible trabajar.

II DESARROLLO EXPERIMENTAL

Se funden botones en horno de arco de electrodo no consumible [5].

Se cortan en placas de $\sim 2\text{mm}$ de espesor y se templan.

Se consiguen tres muestras, llamadas: (1.1-2.1-2.2)

Las 2 primeras se deforman a temperatura ambiente por laminación. La 2.2. se deforma a temperatura de aire líquido por laminación, sumergiendo la probeta después de casa "pasada" en un termo conteniendo aire líquido. En todos los casos, la deformación en cada paso era de 0.01mm . ($\sim 0.5\%$).

III RESULTADOS

Se evaluaron las fases presentes antes y después de la deformación con Microscopía Óptica Rayos y Microscopía Electrónica, resultando:

Antes de deformar:

Microscopía Óptica: granos β de (1-3)mm con algunos hidruros presentes.

Rayos X (difractometría): picos $(110)_\beta$; $(112)_\beta$ y $(002)_\beta$ siendo siempre el más intenso el $(110)_\beta$. (Ver tablas 1 y 2)

Microscopía Electrónica: Estructura β (bcc); con precipitados ω en todas sus variantes.(Fig. 2)

Despues de deformar:

Microscopía óptica: A temperatura ambiente: ya para un 5% de deformación, aparecen placas de martensita.

Al progresar la deformación ($\sim 10\%$), aumenta la densidad de placas y aparecen otras variantes.(Figs. 3 y 4)

A baja temperatura: para una misma deformación la cantidad de martensita inducida es mayor.
(Figs. 5 y 6)

Por el método de análisis de trazas en superficies, se determinó que el plano de hábito es el $(334)_\beta$.

Rayos X: Aparecen picos de α'_D , fundamentalmente el $(0002)_\alpha$ y el $(11\bar{2}0)_\alpha$. A pesar de llegar a un 70% de deformación, (probeta 1.1), aún queda fase β sin transformar. (Ver tablas 1 y 2).

Microscopía Electrónica: Muestra def. 20% a Temperatura ambiente.
En algunos lugares de la muestra hay placas de martensita y en otros permanece fase β con precipitados ω . (Fig. 7).

IV CONCLUSIONES:

Esta aleación ternaria, nos indica que es posible inducir fase martensítica por deformación a temperatura ambiente y menores, hasta temperatura de aire líquido; suministrando un material base tal que variando adecuadamente los contenidos de estabilizador α y β sea factible obtener una transformación total y aún con menor grado de deformación. Ello haría más probable encontrar el efecto pseudoelástico. La estabilidad de las fases en función de la concentración electrónica por átomo De/a (criterio de Lucke) se corresponde bien en el caso de la aleación binaria. En la ternaria, habría que continuar el estudio para distintas composiciones.

REFERENCIAS

- [1] Shape Memory effects in alloys - Plenum Press (1975)-Pag.517
- [2] C.A. Lucke, R.Taggart and D.H.Polonis, Trans.Am.Soc.Met. 57 (1964) 142.
- [3] J.C.Bolcich, R.Rapacioli, M.Ahlers. VII Reunión Científica AATN, San Rafael (Mendoza), 1978 (tercera presentación).
- [4] J.C. Bolcich, H.A.Peretti; VII Reunión Científica AATN, Buenos Aires, 1979, (segunda presentación).
- [5] J.C.Bolcich, H.A.Peretti; VII Reunión Científica AATN, San Rafael (Mendoza), 1978 (segunda presentación)

T A B L A 1

ESPECTRO DE DIFRACCION DE RAYOS X, MOSTRANDO LA FORMACION DE
MARTENSITA INDUCIDA POR DEFORMACION EN LA ALEACION Zr-10%Nb-1%Al.

Probeta 1.1.	Deformada a Temperatura Ambiente						
	$(110)_\beta$	$(002)_\beta$	$(112)_\beta$	$(022)_\beta$	$(10\bar{1}0)_\alpha$	$(0002)_\alpha$	$(11\bar{2}0)_\alpha$ $(11\bar{2}2)_\alpha$
Templada	<u>x</u>	x	x				
Deformada 10%	x	x	x	x	x	x	<u>x</u>
Deformada 15%	x		x	x	x	<u>x</u>	
Deformada 35%	x		x	x	x	<u>x</u>	x
Deformada 70%	x	x	x			<u>x</u>	x

Nota: x indica la presencia de ese pico.

x indica el pico más intenso.

T A B L A 2

ESPECTRO DE DIFRACCION DE RAYOS X, MOSTRANDO LA FORMACION DE
MARTENSITA INDUCIDA POR DEFORMACION EN LA ALEACION Zr-10%Nb-1%Al.

Probeta N°2.1.	Deformada a Temperatura Ambiente			
	$(110)_{\beta}$	$(11\bar{2}0)_{\alpha}$	$(112)_{\beta}$	$(10\bar{1}0)_{\alpha}$
Templada	<u>x</u>	-	-	-
Deformada 6%	<u>x</u>	x	x	x
Deformada 10%	x	<u>x</u>	x	x

Probeta N°2.2.	Deformada a Temperatura de aire líquido			
	$(110)_{\beta}$	$(11\bar{2}0)_{\alpha}$	$(112)_{\beta}$	$(10\bar{1}0)_{\alpha}$ $(0002)_{\alpha}$
Templada	<u>x</u>	-	x	
Deformada 20%	x	x	x	- <u>x</u>

Nota: x indica la presencia de ese pico.

x indica el pico más intenso.

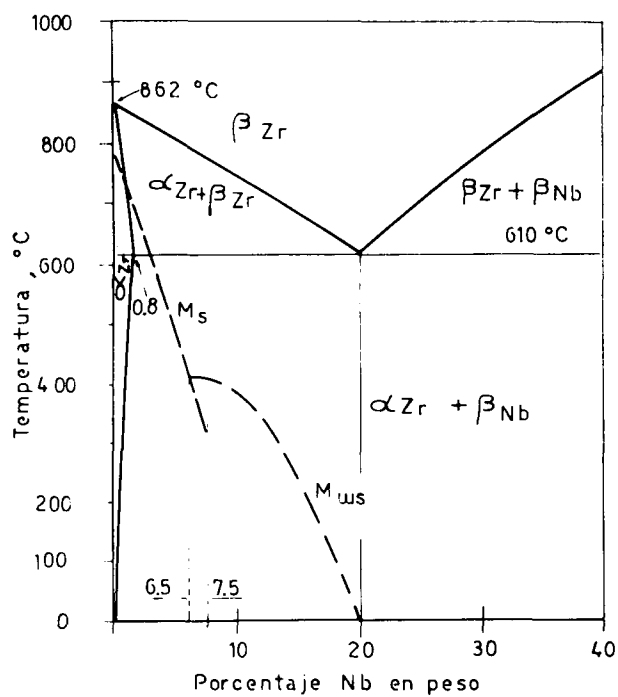


Fig.1 Diagrama de fase de la aleación Zr-Nb

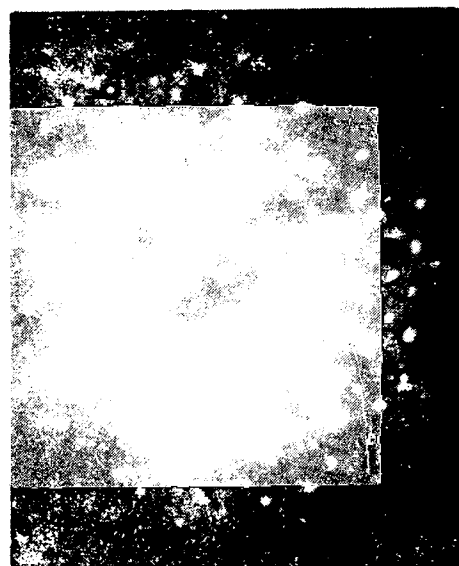


Fig.2 Difracción de electrones de probeta templada (fases $\beta + \omega$)



Fig. 3 Microscopía de probeta laminada 5% a temperatura ambiente.



Fig. 4 Idem anterior, laminada 10%.

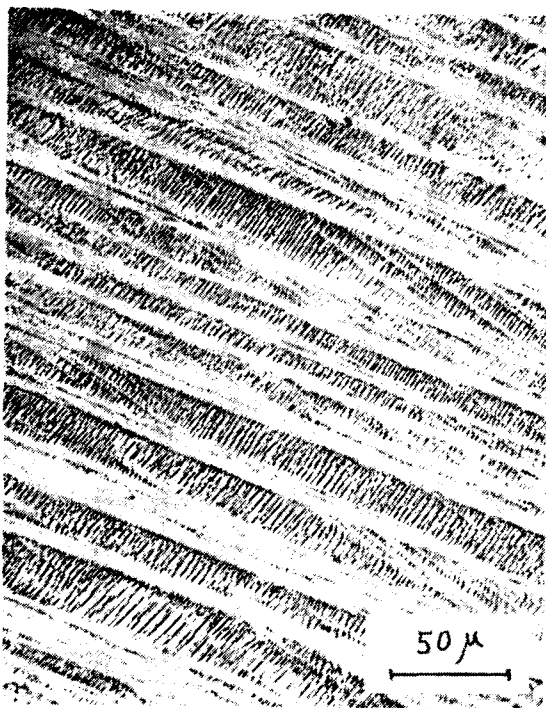


Fig. 5 Microscopía óptica de probeta laminada 20% a temperatura de aire líquido.



Fig. 6 Idem anterior (luz polarizada).

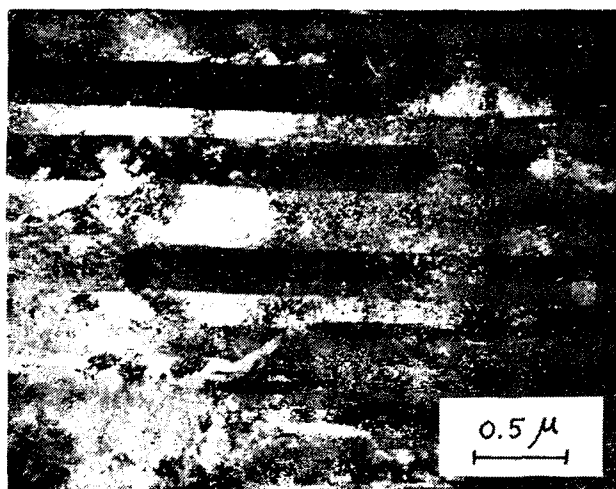


Fig. 7 Microscopía electrónica de probeta laminada 20% a temperatura ambiente.