

Caracterización y conformado de una nueva aleación superplástica Cd-Zn-Cu

H. Aguilar Viguera, J.A. Llanes Briceño y G. Torres Villaseñor
 Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México
 Apartado postal 70-360, 04510 México, D.F., Mexico

Recibido el 27 de febrero de 1998; aceptado el 30 de mayo de 1998

Se obtuvo, caracterizó y conformó una nueva aleación superplástica de composición 81.73%Cd-17.23%Zn-1%Cu, determinándose el valor del índice de sensibilidad a la rapidez de deformación "m" (0.47); su deformación máxima (275%) a una rapidez de deformación de $4 \times 10^{-5} \text{ seg}^{-1}$ a $1 \times 10^{-4} \text{ seg}^{-1}$. Se analiza el efecto de la temperatura y se presenta un resumen del proceso de obtención de la aleación, así como un ejemplo del conformado superplástico de la misma.

Keywords: Superplasticidad; aleaciones Cd-Zn; conformado superplástico; microestructura; procesos termomecánicos

A new superplastic alloy based on Cd-17.23%Zn-1%Cu was obtained, characterized and forming. The strain rate sensibility index "m" is 0.47; The maximum deformation was 275% at a strain rate of $4 \times 10^{-5} \text{ seg}^{-1}$. The temperature effect was analyzed. The manufacturing process of the alloy and an example of superplastic forming are presented.

Descriptores: Superplasticity; Cd-Zn alloys; superplastic forming; microstructure; thermochemical process

PACS: 62.20; 81.05.Bx; 81.20.Hy

1. Introducción

Los materiales superplásticos tienen la propiedad de deformarse extensivamente sin fracturarse (hasta 8000% de su forma original), lo que permite obtener formas extremadamente complejas propias de un plástico, pero, con la resistencia característica de un metal.

Por su potencial ahorro energético y económico, el estudio y desarrollo de estos material es considerado como investigación estratégica en las principales potencias del mundo; así, no es raro saber que las aplicaciones del fenómeno ocurren en las áreas automotriz, militar y aeroespacial.

Tres son los requisitos principales de un material superplástico [1]:

1. Microestructura con grano fino, uniforme y equiaxial menor a $10 \mu\text{m}$.
2. La temperatura experimental de trabajo debe de ser mayor o igual de $0.5 T_m$, donde T_m es la temperatura de fusión del material en grados kelvin.
3. El fenómeno es altamente dependiente de la rapidez de deformación y ésta es característica de cada material por lo que su valor debe encontrarse y optimizarse experimentalmente.

La relación mecánica que mejor describe el comportamiento de estos materiales es el tipo [2]:

$$\sigma_T = K \epsilon^m \dot{\epsilon}^\gamma$$

donde: σ_T es el esfuerzo al flujo a temperatura constante; $\dot{\epsilon}$ es la rapidez de deformación; ϵ es la deformación; K es una constante que depende de la microestructura, la temperatura y de los defectos del material; m es el índice de sensibilidad

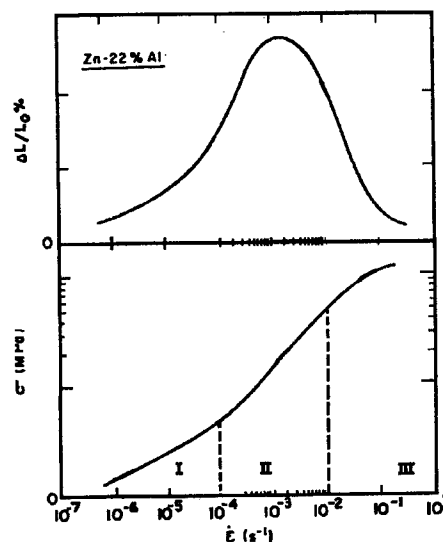


FIGURA 1. Comportamiento clásico superplástico.

del material; y γ es el factor de endurecimiento por deformación del material.

El comportamiento clásico que exhiben los materiales superplásticos lo podemos observar a través de las curvas de las gráficas $\log \sigma_T$ vs. $\log \dot{\epsilon}$ y $\log \epsilon$ vs. ϵ , como se ilustra en la Fig. 1 [3].

La superplasticidad es un fenómeno considerado como "lento" ya que ocurre normalmente en rangos de rapidez de deformación de $[10^{-4} \text{ a } 10^{-3}] \text{ seg}^{-1}$, para acelerar el fenómeno es posible hacer cosas: una es disminuir el tamaño de grano y la otra es aumentar la temperatura experimental de prueba.

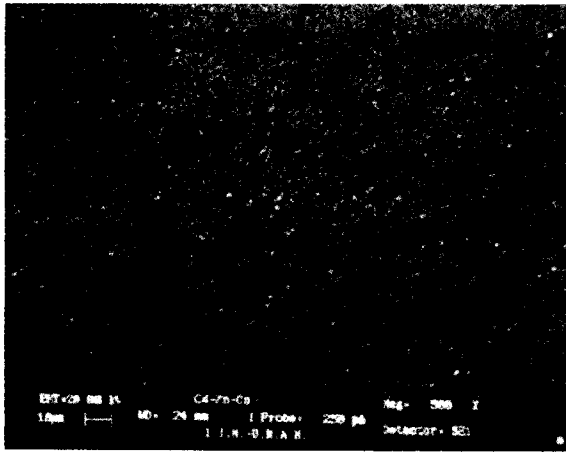


FIGURA 2. Microestructura de laminado en caliente y terminado en frío.

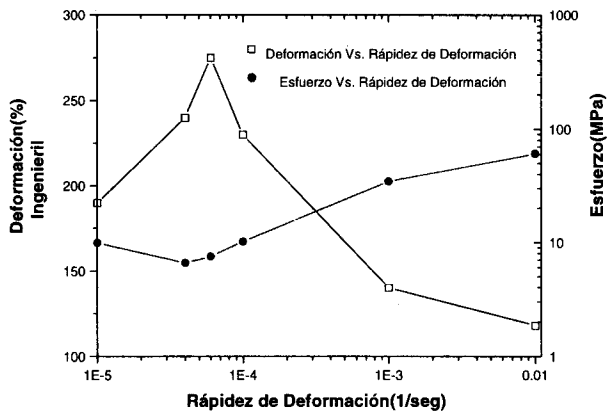


FIGURA 3. Curva esfuerzo vs. rapidez de deformación y curva de deformación vs. rapidez de deformación.

La rapidez de deformación bajo condiciones de esfuerzo y temperatura constante varía inversamente proporcional al tamaño de grano como [4]

$$\epsilon_{\sigma, T} \propto \frac{1}{d^a} \quad \text{con } a[2 - 3]$$

2. Obtención de la aleación

La obtención de la aleación con propiedades superplásticas se logró mediante la adecuada realización de los procesos de fundición y laminación (ver Fig. 2).

3. Caracterización de la aleación

La caracterización incluye la realización de las pruebas de tensión a distintas rapidezces de deformación y de superplasticidad a distintas presiones de carga y temperaturas para espesores de lámina constantes, como se ilustra en la Fig. 3.

En la Fig. 3 se observa el claro comportamiento superplástico descrito previamente, además hay que notar que el

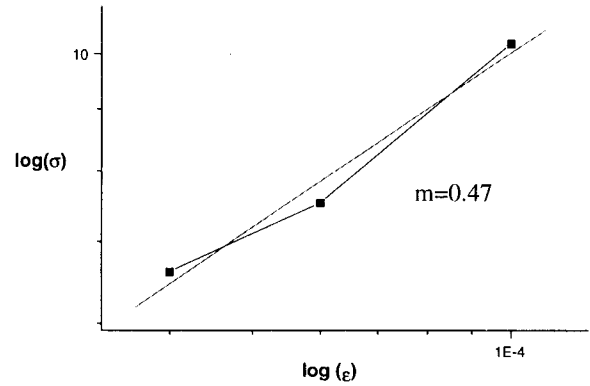


FIGURA 4. Determinación del índice de sensibilidad

máximo de deformación alcanzado por la aleación es de un 275% y que el esfuerzo para esa deformación es cercano de a los 8 MPa.

El índice de sensibilidad característico de la aleación se obtiene de la pendiente a la recta en los puntos del intervalo superplástico de máxima deformación, como se muestra en la Fig. 4.

El fenómeno como observamos claramente tiene un comportamiento no lineal, si suponemos que este es de la forma $y(x) = ax^b$, con $y(x)$, es la altura de deformación alcanzada y x el diámetro de deformación, veremos que los valores numéricos de a y b varían en ambas pruebas, como lo muestra la Fig. 5.

Como observamos entre más aumentamos la presión de carga y la temperatura experimental de prueba, los valores de b van aumentando; en un gráfica similar pero para la constante, a , veremos que esta al contrario disminuye entre más se aumenta la presión de carga.

4. Conclusiones

- La Nueva Aleación con características superplásticas de composición hipoeutéctica, 81.73% Cd, 17.23% Zn, 1% Cu, se obtiene mediante la realización de los siguientes procesos:
 - Fundición de los elementos por difusión progresiva.
 - Solidificación rápida mediante un templado en agua.
 - Laminado en caliente a una temperatura de 180°C.
 - Laminado en frío a 5 m/seg a temperatura ambiente.
- La máxima deformación alcanzada por la aleación en el intervalo superplástico (4×10^{-5} – 1×10^{-4}) 1 seg^{-1} , bajo un esfuerzo de 7.53 MPa, es de 275%.
- El índice de sensibilidad, m , obtenido en la aleación, es de 0.47.

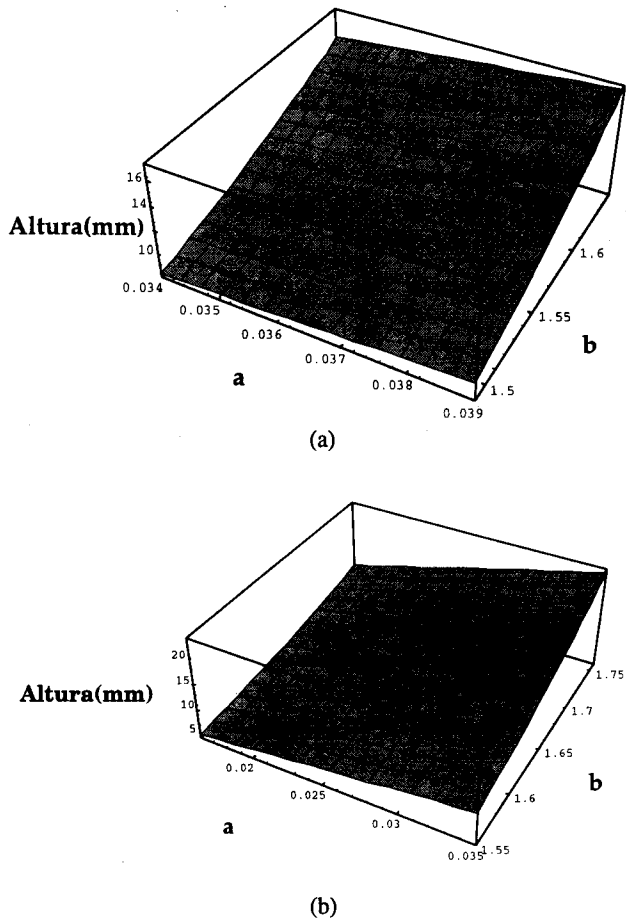


FIGURA 5. Variación de las constantes *a* y *b* en la prueba superplástica con presión atmosférica a 130°C y 230°C respectivamente.

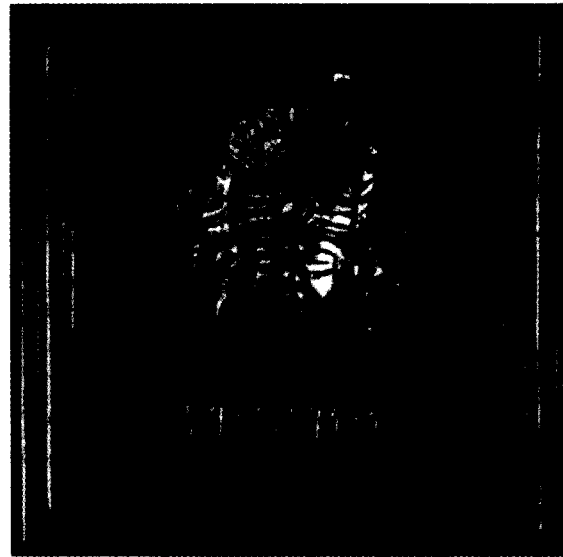


FIGURA 6. Conformado superplástico de la aleación donde se muestra la versatilidad del proceso. El producto tiene unas dimensiones de 16.5 cm × 16.5 cm con un claro de deformación de 14 × 14 cm y una altura de conformado de 3 cm (el calce de la figura central mide 1.81 cm de altura) con lo que se tiene una deformación de 107% aproximadamente.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó con los apoyos de las siguientes instituciones: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones en Materiales y Fundación UNAM. Se agradece también al Sistema Nacional de Investigadores.

1. K.A. Padnamabahan and G.J. Davis, *Superplasticity*, (Springer Verlag, New York, 1980) p. 312.
2. G.D. Bengough, *Inst. Metallurgy* Vol. III (1912), p. 123.
3. Z. Valiev, IICSAM, *Congress of Superplasticity in Adv. Materials*, Vol.I, (India, 1997) p. 407.
4. P.A. Woolford, *Trans. Asm.*, Vol II, (1986) p. 291.