

Caracterización mecánica basado en la prueba de impacto de las aleaciones cadmio-zinc y cadmio-zinc-cobre

Said R. Casolco y G. Torres Villaseñor

*Instituto de Investigación 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

El presente trabajo es un estudio realizado en el Instituto de Investigaciones en Materiales de la UNAM, de las aleaciones cadmio-zinc y cadmio-zinc-cobre con el objetivo fundamental de conocer su comportamiento al impacto, lo cual permitirá establecer la posibilidad de aplicaciones estructurales de dichas aleaciones. Dicho trabajo consiste principalmente en hacer pruebas de impacto del tipo Charpy a muestras de estas aleaciones a diferentes temperaturas en un rango de -150°C a 250°C y observar las morfologías de fractura con la ayuda de un microscopio electrónico de barrido para reconocer la tendencia del material hacia la fractura del tipo frágil y determinar la etapa de transición de frágil a dúctil.

Descriptores: Prueba de impacto Charpy; superplasticidad; fractografía.

The present work is a study carried out in the Institute for Materials Research in Materials of the UNAM, of the alloys cadmium-zinc and cadmium-zinc-copper with the fundamental objective of knowing their behavior to the impact that which will allow to establish structural applications of these alloys. This work consists mainly on impact tests of the type Charpy at different temperatures in a range of -150°C to 250°C and to study their fracture morphologies with the help of a scanning electron microscope to recognize the tendency of the material toward the fracture of the fragile type and to determine the ductile-fragile transition.

Keywords: Impact test; superplasticity; fractography

PACS: 81.05.-t; 81.30.-t; 81.20.Hy

1. Introducción

El objetivo principal de este trabajo es investigar el comportamiento que presentan en la prueba de impacto las aleaciones de composiciones eutécticas binarias Cd-82.6%pZn-17.4%p ("p" significa en peso) y la modificada con adiciones de cobre al 1% a diversas temperaturas en el rango de -150°C a 250°C . Dichas aleaciones eutéctoides Cd-Zn con o sin adición de cobre han sido estudiadas actualmente debido a que presentan un fenómeno conocido como "Superplasticidad" [1] que es la capacidad que tienen algunos materiales policristalinos que en cierto rango de rapidez de deformación y de temperatura pueden alcanzar deformaciones de varios cientos por ciento sin fracturarse. En la prueba de impacto Charpy ASTM-E 23-93a [2], bajo las mismas condiciones, se puede verificar la calidad y homogeneidad de los materiales. Cuando se hace a diferentes temperaturas sirve para establecer, mediante la comparación de curvas de energía absorbida o de tenacidad contra temperatura, la tendencia del material a fracturarse de forma frágil.

Una vez hechos los ensayos de impacto del tipo Charpy es importante determinar la naturaleza real de la fractura [3], es decir, que la fractura de un material está acompañada de la acción de cada uno de los mecanismos microscópicos de la fractura. Los términos dúctil y frágil describen la cantidad de deformación plástica microscópica que precede a la fractura. El análisis de la morfología y topografía utilizando el

microscopio electrónico de barrido (MEB) es una herramienta de diagnóstico que permite comprender el comportamiento mecánico de las piezas en relación con la microestructura del material.

2. Descripción experimental

El ensayo se efectúa en una máquina que rompe de un solo golpe una muestra con forma y medidas normalizadas, los cambios de temperatura se llevan al cabo calentando las probetas en pasos de 50°C hasta llegar a 250°C , partiendo de la temperatura ambiente. Para el caso de temperaturas criogénicas es necesario sumergir cada probeta en nitrógeno líquido en intervalos de -50°C hasta llegar a la temperatura deseada. Los resultados se grafican para obtener curvas de energía absorbida promedio, de apariencia de la fractura o de dúctil contra temperatura. La apariencia de la fractura se mide como el por ciento del área de fractura que sea fibrosa (o granular) y la dúctil como el por ciento de contracción lateral. Para poder construir gráficas de energía absorbida contra temperatura de la transición frágil-dúctil es necesario romper varias muestras a diferentes temperaturas con la finalidad de hacer un promedio estadístico y obtener un resultado más confiable.

Una vez obtenidas las probetas fracturadas se llevaron al MEB, para determinar con más claridad el tipo de fractura característica para cada rango de temperatura, debido a que

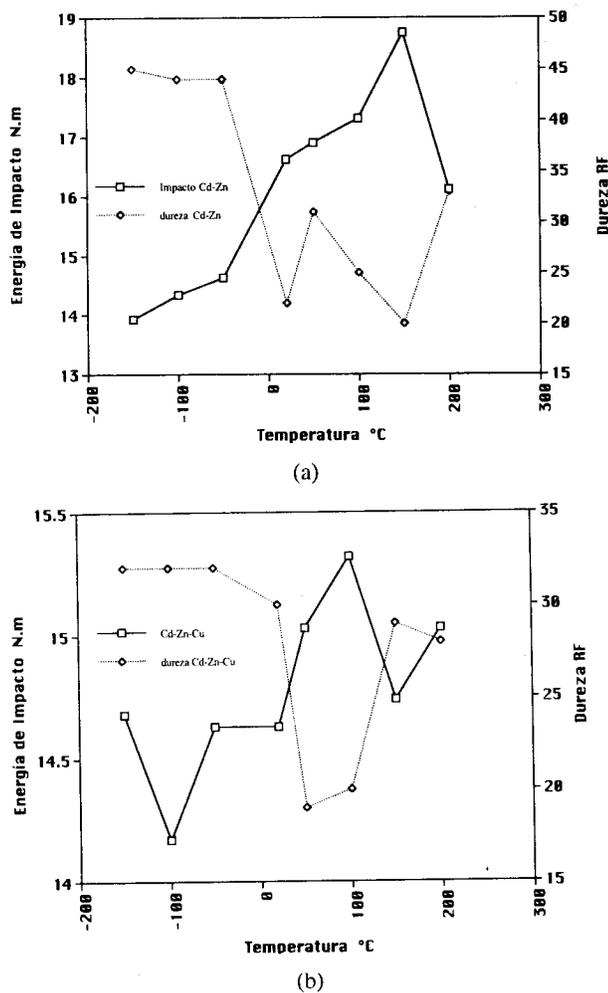


FIGURA 1. Efectos de la temperatura en la prueba de impacto y valores de dureza HRF para: (a) cadmio-zinc. (b) cadmio-zinc-cobre.

existen una gran variedad de mecanismos microscópicos, pero afortunadamente sus rasgos distintivos son pocos y fácilmente observables, los cuales fueron fotografiados a 50X, 200X y 500X de una región de la microestructura de cada área. La zona fue elegida al azar.

Concluyendo el estudio fractográfico se llevaron al análisis de dureza Rodwell HRF con una esfera de 1/16" con un tiempo de 25 segundos, haciendo varios ensayos en distintas áreas para poder tener una determinación de la fiabilidad en los ensayos.

3. Resultados

En la Fig. 1 se ilustran los tipos de curvas que se obtienen para los dos tipos de aleaciones, usando los criterios antes mencionados.

Los resultados de la serie de pruebas de impacto en los rangos antes mencionados se discutirán a continuación.

Caso 1: La aleación cadmio-zinc cumple con el fenómeno llamado transición dúctil a frágil (150°C), en la cual existe una disminución de la tenacidad que se obtiene a temperatura alta con una transición hasta valores menores de la tenacidad a temperaturas de prueba más baja. La temperatura superplástica en esta aleación coincide con la máxima resiliencia.

Caso 2: En cuanto al efecto del Cobre en la aleación Cd-Zn no existe correlación entre la superplasticidad y la resiliencia, superplástica se encuentra arriba de los 180°C [4]. Este fenómeno no es común en metales.

Es importante mencionar que la configuración de la muesca puede afectar el comportamiento; una grieta superficial permite absorber menores energías que una muesca en V. Debido a que frecuentemente no es posible predecir o controlar estas condiciones, el ensayo de impacto se utiliza mejor para la comparación y selección del material, que para obtener criterios de diseño. En general las aleaciones Cd-Zn y Cd-Zn-Cu presentan buena resistencia y ductilidad, con el fin de ser utilizados para la fabricación de piezas por métodos de conformado superplástico, debido a sus mecanismos de deformación parecidos al de los plásticos.

4. Fractografías de las superficies de fractura

En la Fig. 2, se presentan fractografías típicas para el caso (a) cadmio-zinc y para el caso (b) cadmio-zinc-cobre; de fracturas dúctiles debidas al efecto de la temperatura con el fin de resaltar los rasgos que distinguen a la clase de fractura, esto nos da rasgos importantes para poder definir que en (a) tenemos una fractura transgranular por coalescencia de microcavidades, en el caso (b) tenemos una fractura del tipo intergranular por coalescencia de microcavidades. Es decir, en las microcavidades se nuclean en límites de grano, límites de subgrano, en partículas de segunda fase (en la interfase matriz-partícula o por que la partícula se fractura por exfoliación), inclusiones, microrechupes, cavidades producidas por gas atrapado; con el fin, en cualquier punto donde la deformación sea discontinua. Cuando el esfuerzo aumenta las microcavidades crecen, se unen y forman una superficie de fractura continua caracterizada por numerosas concavidades (hoyuelos) parecidas a una copa. Este modo de fractura generalmente es nombrada ruptura llena de hoyuelos [5].

En las observaciones indicadas la fractura final esta dada por los mecanismos de fisura de falla producido por la muesca de la probeta. Las fracturas tienen una superficie fina en partículas de pequeños botones parecidos a huecos y en casos especiales las fracturas como en el caso del agregado de Cobre tienden a ser rupturas del tipo intergranular. En general cada fractura observada en el MEB presenta características que permiten resaltar los subtipos de fractura más usuales como son transgranular por exfoliación, transgranular por coalescencia de microcavidades e intergranular. El presente estudio se encuentra en proceso.

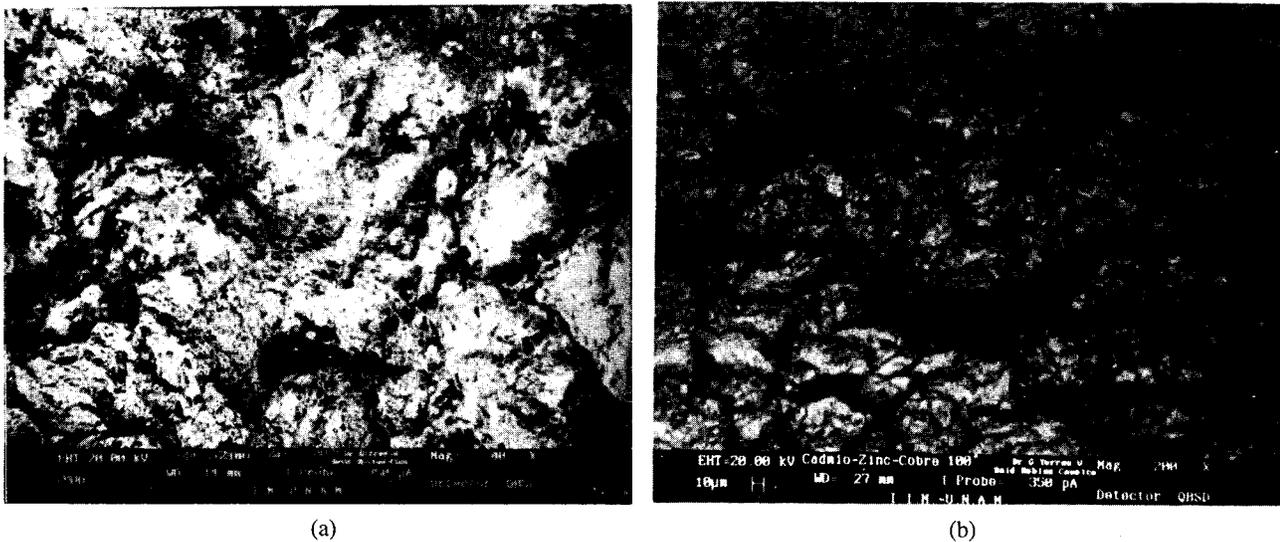


FIGURA 2. Superficies de fractura fotografiadas en un MEB. (a) Fractografía de la aleación Cd-Zn con Mag=100X, temperatura 100°C, (b) Fractografía de la aleación Cd-Zn-Cu con Mag=200X, temperatura 250°C.

Agradecimientos

Al Instituto de Investigación en Materiales por el apoyo material y técnico, y en especial al Departamento de Materiales

Metálicos y Cerámicos. Al Sistema Nacional de Investigadores (SNI), por su apoyo económico.

1. *Superplasticity* edited by K.A. Padnamabahan and G.J. Davies, (Springer Verlag, 1982) p. 6.
2. *Estándar Test Methods for Notched Bar Impact of Metallics Materials*, (American Society of Testing and Materials, Philadelphia, 1993) p. 206.
3. E.E. Martínez F., Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, UNAM (1996) p. 32 y p. 71.
4. J.A. Llanes Briceño, Tesis Ing. M. Electricista. Facultad de Ingeniería UNAM, 1998.
5. *Metals Handbook*, Ninth Edition, Vol. 12, "Fractography", (1987) p. 179.