

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES.**

En este capítulo vamos a resumir el presente trabajo y a describir las principales discusiones.

En el grupo de Metalurgia e Ingeniería de los Materiales de la E.T.S.I. se vienen estudiando durante los últimos años los materiales pulvimetalúrgicos, especialmente los de base aluminio, con el objetivo de establecer relaciones entre sus propiedades, principalmente las mecánicas, y su microestructura. En cuanto a las propiedades mecánicas se estudian su dureza, resistencia, tenacidad, límite elástico...todo ello incluso a alta temperatura. Sin embargo el fenómeno de la termofluencia no se ha estudiado adecuadamente por dos motivos: el primero de ellos es por ser de una importancia menor en la práctica que las otras propiedades mecánicas. El segundo, y quizás el decisivo, es que no se dispone del equipamiento necesario para realizar los correspondientes ensayos específicos de creep.

Este motivo es el que ha hecho que el presente proyecto tenga diferentes objetivos:

- 1) Estudiar las diferentes tipologías de máquinas de creep existentes en el mercado y los diversos fabricantes, establecer las características del sistema de ensayos requerido y colaborar en la adquisición de la máquina adecuada.
- 2) Realizar un estudio bibliográfico sobre el conocimiento actual de la termofluencia en materiales pulvimetalúrgicos de base aluminio.
- 3) Intentar realizar ensayos equivalentes de creep con Al ER y Al AM utilizando una máquina de tracción universal.
- 4) En base a todo lo anterior, establecer una serie de recomendaciones para la caracterización en cuanto a la termofluencia de los materiales que se desarrollen en el Grupo.

En cuanto al primer objetivo se ha conseguido adquirir una máquina muy versátil con la que se podrán estudiar el creep de materiales muy diferentes, como aluminio, titanio, aceros...Puesto que tiene unos amplios rangos de operación de temperatura y tensión, y diferentes mordazas para ensayar casi cualquier tipo de probeta. Lo más

destacable de esta máquina es que opera con pesos muertos, con lo que pueden realizarse ensayos de muy larga duración, posee un kit de carga directa, lo que permite realizar pruebas con cargas muy bajas pero con buena precisión y permite realizar ensayos de tensión constante con un módulo extra basado en un motor que controla la fuerza aplicada por una célula de carga.

Del estudio bibliográfico realizado se ha comprobado que el parámetro más importante de un ensayo de creep es la velocidad de deformación durante la etapa secundaria. Ésta se relaciona con la tensión aplicada y con la temperatura mediante la Ley Potencial del Creep. Para los materiales pulvimetalúrgico muchos autores utilizan una forma modificada de esta expresión, que consiste en añadir una tensión umbral. Ésta no es más que una resistencia extra que tienen estos materiales pulvimetalúrgicos con relación a los de solución sólida. Esta resistencia parece tener su origen en una fina distribución de óxidos de aluminio debida al procedimiento de fabricación. Por otra parte, frecuentemente existen diferentes mecanismos de deformación activos cuya importancia relativa en la fluencia depende de la temperatura y de la tensión aplicadas.

De la experimentación realizada, y tal y como se ha descrito, es posible obtener propiedades de la etapa secundaria del creep a través de un ensayo de tracción a alta temperatura realizado a velocidad de deformación constante. Esto nos ha permitido realizar una serie de ensayos con aluminio en estado de recepción y aleado mecánicamente a diferentes temperaturas intentando abarcar el máximo rango posible de velocidades de deformación. Al analizar los resultados obtenidos se han encontrado diferentes mecanismos de deformación aunque no se han podido identificar. No se ha podido corroborar la existencia de tensión umbral, debido probablemente a la mala precisión de los resultados obtenidos.

Finalmente, y considerando todo lo estudiado en el presente trabajo y previendo que en el futuro se desarrollarán investigaciones en el Grupo sobre la termofluencia de los materiales que se desarrollen, utilizando la máquina de creep aquí descrita, me permito dar una serie de recomendaciones sobre cómo encauzar dichos estudios.

- Las probetas deben fabricarse de tal manera que sean todas iguales. Esto implica seguir cuidadosamente las indicaciones del Manual de Laboratorio [15] al respecto, e incluso tomar medidas adicionales para asegurar dicha uniformidad.

- En el procedimiento de ensayo es importante que se siga alguna normativa internacional de reconocido prestigio, como la ASTM [20]. La máquina de creep que se adquirirá cumple todos los requisitos de esta normativa.
- Para cada trío de condiciones de ensayo (material, temperatura y tensión) realizar múltiples ensayos (por ejemplo tres), para evitar validar datos erróneos por cualquier defecto en el proceso de fabricación de la probeta.
- Para cada temperatura de ensayo las tensiones elegidas deben de ser tales que la velocidad de deformación en su etapa secundaria abarque, al menos, cinco órdenes de magnitud, para poder identificar diferentes mecanismos de deformación.
- Para obtener más información sobre el mecanismo de deformación activo principal es imprescindible hacer un estudio microestructural de las probetas ensayadas, con microscopio óptico y/o de transmisión ([4], [5], [7], [8], [10]).

Todo esto puede dar lugar a diferentes líneas de investigación, como por ejemplo:

- a) Utilizar diferentes materiales/aleaciones: aluminios, titanios...con diferentes concentraciones en otros elementos.
- b) Intentar aumentar la resistencia provocando la aparición de dispersoides.
- c) Variar el procedimiento de fabricación: atmósfera rica en oxígeno durante la molienda para aumentar la cantidad de óxidos de aluminio, que proveen resistencia extra a la termofluencia, o utilizar diferentes ciclos de compactación/sinterización.
- d) Estudiar el comportamiento en diferentes regiones de temperatura y tensión, lo que dará lugar a diferentes mecanismo de deformación activos: región de escalada de dislocaciones, región de Harper-Dorn (altas temperaturas y muy bajas tensiones)...etc.
- e) Comprobar la variación en resistencia a termofluencia en función del tamaño de óxidos y de su concentración.

**Buy Now to Create PDF without Trial Watermark!!**

Investigar el comportamiento de materiales compuestos con base aleación de aluminio pulvimetalúrgico, como las reforzadas con partículas de carburo de silicio.

**Created by eDocPrinter PDF Pro!!**