

Microestructura de una aleación de dos fases $Al_3Ti/Al_3Ti_{0.75}Fe_{0.25}$

C. Angeles*, G. Rosas** and R. Perez***

*Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Depto. de Síntesis y Caracterización de Materiales, Carr México-Toluca Km. 36.5 C. P. 52045, Salazar, Edo. de México, MEXICO

**Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Universidad Michoacana, P. O. Box 52-B, 58000 Morelia Mich. MEXICO

***Laboratorio de Cuernavaca, Instituto de Física UNAM, P. O. Box 48-3, 62251 Cuernavaca Mor. MEXICO



MX0100293

1.0 Introducción.

De los tres compuestos intermetálicos que presenta el sistema Titanio-Aluminio, el Al_3Ti es el que menos atención ha recibido(1). Este compuesto tiene un gran potencial como material estructural para aplicaciones en la industria aeroespacial, debido a su elevada temperatura de fusión, conservación de sus módulos de esfuerzos a temperaturas elevadas y dos propiedades que superan a los compuestos intermetálicos Ti_3Al y $TiAl$: la densidad y la resistencia a la oxidación(2-4). Sin embargo, presenta una extremada fragilidad a temperatura cercana al ambiente debido a su estructura tetragonal DO_{22} de baja simetría(2,3). Esta desventaja no permite obtener formas útiles con el material. Actualmente se está realizando enormes esfuerzos por mejorar sus propiedades mecánicas a temperaturas intermedias y cercanas al ambiente. La vía por la cual se están realizando estos esfuerzos es la macroaleación(5), que consiste en agregar del orden del 10% at de algún elemento de transición principalmente (Cu, Fe, Cr, Va, Mn, etc) para cambiar su estructura de baja

simetría a una estructura cúbica de alta simetría. Aunque se ha logrado el cambio de estructura(4,6-9), este no garantiza una mejora substancial sobre las propiedades mecánicas del intermetálico(10). Sin embargo, otra vía por la cual se ha mejorado las propiedades mecánicas de los intermetálicos Ti_3Al y $TiAl$ ha sido mediante la generación de aleaciones multifases(11). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es generar y caracterizar la microestructura de aleaciones multifases cercanos al compuesto Al_3Ti mediante la adición de Fe como aleante. Esto es, por que se ha visto que pequeños precipitados de la fase Al_2Ti sobre el compuesto intermetálico Al_3Ti incrementa su ductilidad(10,12).

2.0 Método

Se preparó una serie de aleaciones con una composición de 68.0% at de Al, 25.5% at de Ti y 6.5% at de Fe partir de los elementos puros. Las aleaciones

fueron fundidas en un horno de arco bajo atmósfera controlada de argón y posteriormente enfriadas rápidamente a una velocidad de 10^4 °C/seg. Las aleaciones que se obtuvieron tienen la forma de lentejuelas. Las muestras, posteriormente fueron pulidas y tratadas químicamente mediante técnicas metalográficas. La observación de la microestructura fue llevada a cabo en el microscopio electrónico de barrido (MEB) XL-30, el cual tiene adaptado un espectrómetro de rayos X (EDAX). El análisis cuantitativo elemental fue medido con este espectrómetro. La determinación de la estructura y el número de fases presentes en la aleación fue llevada a cabo mediante un difractómetro de rayos X SIEMENS D-5000.

3.0 Resultados

La micrografía obtenida de la aleación sobre la cara plana de la hojuela solidificada rápidamente se ilustra en la Figura 1. En ella se observa tres diferentes contrastes. Dos en forma de granos de contrastes grises y negros, y la otra que parece ser la matriz de contraste blanco en donde se encuentra inmersos los granos. El tamaño de los granos de contraste gris oscilan entre las 5 micras de ancho mientras que el largo es muy variado. Los granos de contraste negro se encuentran agrupados en listones de entre los 10 y 20 micras de ancho. El largo es muy variado. Las otras aleaciones presentaron la misma microestructura. Utilizando el espectrómetro de rayos X se analizó la composición de cada una de estos contrastes. Por lo tanto, se tiene que en las regiones de contraste negro la composición es muy cercana al

compuesto intermetálico Al_3Ti , ver tabla 1.

Tabla 1			
	% at. Al	% at. Ti	% at. Fe
C. Negro	75.78	21.93	2.29
C. Gris	72.21	21.43	6.36
C. Blanco	74.92	11.01	14.07

Las pequeñas cantidades de Fe sobre este contraste indica que ésta fase forma una solución sólida con el Fe y la concentración de saturación con éste elemento es del orden 2% at de Fe. La composición sobre las regiones de contraste gris da un aproximado sobre la fase cúbica $L1_2$, mientras que la matriz, representada por el contraste blanco, tiene un alto contenido de Al y Fe, el cual posiblemente pueda tratarse de una fase metaestable que haya solidificado aún en estado líquido, es decir, líquido subenfriado. La Figura 2, muestra los espectros de energía de rayos x de cada uno de los contrastes. En ella se observa que a medida que los contrastes cambian de negro a blanco la cantidad de titanio disminuye mientras que la del hierro aumenta y la del Al el cambio es pequeño.

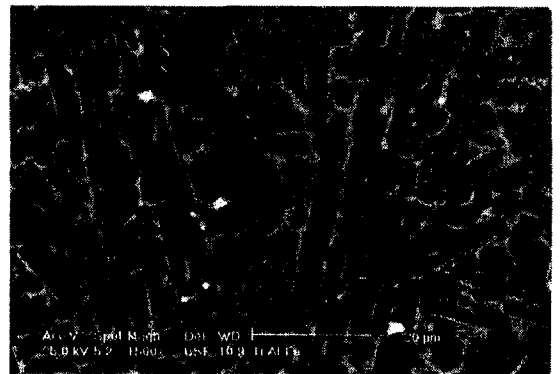


Figura 1. Micrografía de la aleación obtenida en el MEB con electrones retrodispersados.

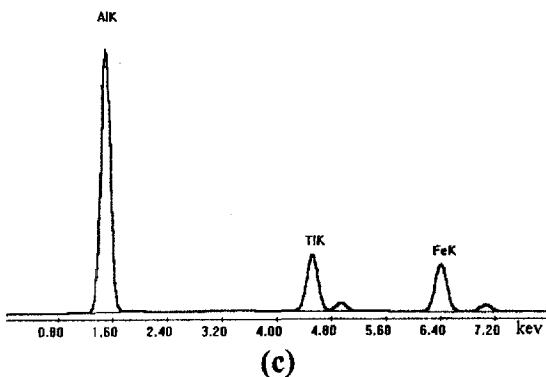
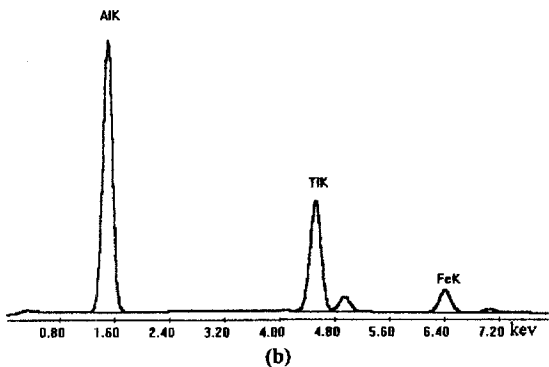
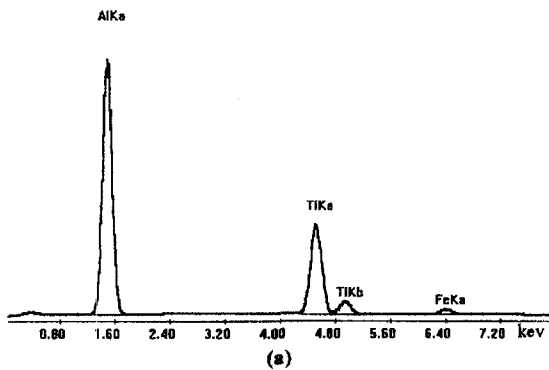


Figura 2. Espectros de energía de rayos X obtenida de cada uno de los contrastes de la aleación. a) contraste negro, b) contrastes gris y c) contraste blanco.

Por último, el espectro de difracción de rayos X obtenida con el difractómetro de rayos X, muestra el número de fases y las fases presentes en la aleación, Figura 3. En este caso, se observa claramente la presencia de dos fases bien definidos. Una es la fase identificado como el compuesto intermetálico Al_3Ti el cual pertenece a las

regiones de contraste gris de la Figura 1 y que contiene pequeñas cantidades de Fe de acuerdo a la tabla 1, y la otra corresponde a la fase cúbica $L1_2$ ($Al_3Ti_{0.75}Fe_{0.25}$) con una composición nominal de 75% at de Al, 18.75% at de Ti y 6.25% at de Fe. La composición real de esta fase esta ilustrada en la tabla 1, indicando que no es de composición estrecha el cual concuerda con el diagrama de fases del sistema ternario Ti-Al-Fe(6). Los picos adicionales no simbolizados del difractograma de la Figura 3, pertenecen a las regiones de contraste blanco de la Figura 1. En este caso quizás se trate de algún aluminato de hierro, debido al elevado contenido de hierro que se localiza sobre estas regiones, que el parecer se trata del $Al_{13}Fe_4$.

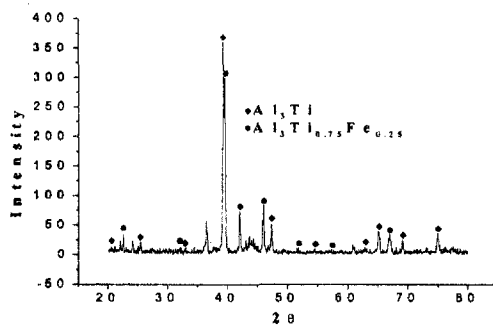


Figura 3. Espectro de difracción de rayos x mostrando la presencia de las dos fases bien definidas sobre la aleación.

4.0 Conclusiones

Se ha obtenido una aleación de dos fases bien definidas que consiste en Al_3Ti y $Al_3Ti_{0.75}Fe_{0.25}$ inmersos sobre una fase metaestable como matriz a partir de la fundición de elementos puros y enfriado rápidamente a una velocidad de 10^4 °C/seg. El tamaño de los granos de cada

una de las fases es homogéneo dentro del rango de tamaño ilustrado. La concentración de saturación del aleante sobre el compuesto intermetálico es del orden del 2% at de Fe. La composición de la fase L_1 no es estrecha el cual concuerda con el diagrama de fases ternario del sistema Ti-Al-Fe.

Minerals, Metals and Materials Society, 1993, 87.

11. Wong-Seong Chang and B.C. Mudle, *Metall. Trans.*, 28A, 1997, 927.

12. Yang, T.Y. and E. Goo, *Metall. Trans.*, 25A, 1994, 715.

5.0 Referencias

1. Westbrook, J.H. *Structural Intermetallics*, Edited by R. Darolia, JJ. Lewandowski, C.T. Liu, P.L. Martin, D.B. Miracle and M.V. Nathal, The Minerals, Metals and Materials Society, 1993, 1.
2. Yamaguchi; M. Y. Umakoshi and T. Yamane, *Phil. Mag.*, 55A, 1987, 301.
3. Yamaguchi, M., S.R. Nishitani and Y. Shirai, *High Temperature Aluminides and Intermetallics*, Edited by S.H. Whang, C.T. Liu, D.P. Pope and J.O Stiegler, The Minerals Metals and Materials Society, 1990, 63.
4. Frazier, W.E. and J.E. Benci, *Scripta Metall.*, 25, 1991, 2267.
5. Stoloff, N.S., *Metall. Trans.*, 24A, 1993, 561.
6. Yang, T.Y. and Edward Goo, *Metall. Trans.*, 26A, 1995, 1029.
7. Zhang, S., J.P. Nic and, D.E. Mikkola, *Scripta Metall.*, 24, 1990, 57.
8. Mabuchi Hiroshi, Ken-Chi Hirukawa and Y. Nakayama, *Scripta Metall.*, 23, 1989, 1761.
9. Tarnacki, J. and Y-W. Kim, *Scripta Metall.*, 22, 1988, 329.
10. Kumar K.S., *Structural Intermetallics*, Edited by R. Darolia, JJ. Lewandowski, C.T. Liu, P.L. Martin, D.B. Miracle and M.V. Nathal, The