

CARACTERIZACIÓN MICROESTRUCTURAL DE UNA ALEACIÓN TiAlV CON ADICIÓN DE TÁNTALO

Joanna Pérez¹, Waldo Gutiérrez¹, Sonia Camero¹, Ruth Bisbal¹, Gema González², Marcial Pérez¹, Anna Di Prinzio¹ y Alfonso Bencomo¹

¹Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de los Materiales, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Apdo. 1524, Caracas 1020A, Venezuela. e-mail: soniacamero@gmail.com, bisbalr@gmail.com

²Laboratorio de Ciencia e Ingeniería de Materiales, Departamento de Ingeniería, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas 1020A, Venezuela. e-mail: gemagonz@ivic.gob.ve

Introducción

El titanio y sus aleaciones presentan una amplia gama de propiedades que han permitido su aplicación en innumerables campos. El rápido crecimiento de la industria de titanio es un testimonio de que este metal y sus aleaciones ofrecen grandes ventajas para el desarrollo de nuevas tecnologías, por contar con una excelente resistencia a la corrosión, buenas propiedades mecánicas tales como: alta resistencia mecánica, rigidez, buena tenacidad, una excelente elasticidad en frío y conformabilidad en caliente, así como una baja densidad específica y elevado punto de fusión.^[1] Entre las aleaciones de titanio más utilizadas se encuentra la aleación TiAlV, que es una aleación de titanio con microestructura bifásica tipo $\alpha+\beta$, la cual combina sus excelentes propiedades mecánicas con una gran capacidad de conformado. Esta aleación mediante la aplicación de tratamientos térmicos y tratamientos termomecánicos, puede sufrir una transformación alotrópica alrededor de los 882 °C y cambiar de una estructura hexagonal compacta α a una estructura cúbica centrada en el cuerpo β . La microestructura de este tipo de aleaciones puede ser estabilizada mediante la adición de elementos aleantes, siendo el aluminio (Al) uno de los principales elementos estabilizadores de la fase α y el vanadio (V) el principal estabilizador de la fase β .^[2-4] Una de las aleaciones TiAlV más empleada es la de composición Ti6Al4V, la cual presenta una gran diversidad de aplicaciones, como es en el campo aeroespacial y en el área de los biomateriales. Actualmente se está propiciando el desarrollo de nuevas aleaciones que no contengan en su composición ni aluminio ni vanadio, con la finalidad de obtener aleaciones que presenten una mejor biocompatibilidad e igual comportamiento mecánico, encontrándose aleaciones con adiciones de Nb, Zr, Mo y Ta que son estabilizadores de la fase β .^[5] Mediante este estudio se persigue obtener una aleación TiAlV con adición de tántalo y

posteriormente, someterla a dos tratamientos térmicos, a las temperaturas de 850 °C y 950 °C, durante 1h y enfriadas en el horno, de manera de establecer una relación entre la microestructura obtenida y los tratamientos térmicos aplicados.

Metodología

En el presente trabajo se estudió la evolución microestructural de una aleación de Ti6Al4V sin y con adición de 15 % de Ta, obtenidas por refusión en un horno de arco con atmósfera controlada de Argón, a partir de virutas de esta aleación y virutas de Ta puro, y posteriormente fueron sometidas a dos ciclos de tratamientos térmicos, que consistieron en calentar las aleaciones durante una hora a temperaturas de 850 °C y 950 °C, con enfriamiento posterior en el horno. Se realizó una caracterización microestructural utilizando las técnicas de Microscopía Electrónica de Barrido (M.E.B.) y Espectroscopia de Rayos X por Dispersión en la Energía (E.D.S.), con el fin de determinar el efecto de los tratamientos térmicos aplicados sobre la microestructura de la aleación sin y con Ta.

Resultados y Discusión

La caracterización por M.E.B. y E.D.S. reveló en la aleación refundida sin Ta una microestructura constituida por una matriz de fase β (regiones oscuras) que contiene a la fase α de estructura acicular (placas blancas), con apariencia de cesta entrelazada, también llamada “Basket-Weave”, característica de la estructura Widmanstätten (Figura 1a); mientras que las muestras con Ta presentaron una matriz de fase β que contiene a la fase α de morfología acicular muy fina (Figura 1b). Resalta el efecto del tántalo en la microestructura de la aleación, el cual actúa como un agente refinador de las agujas de la fase α , proporcionando una microestructura más homogénea, contenidas en la fase β , dando muestra de la alta estabilidad de esta fase y alcanzando un mayor control microestructural. Para las muestras sin y con Ta, sometidas a un tratamiento térmico a 850 °C, por 1h y enfriadas en el horno, Figuras 1c y 1d, respectivamente, se logró una microestructura bifásica de fase α acicular, la cual se encuentra distribuida uniformemente en toda la matriz β con orientaciones al azar, siendo más fina la fase α acicular en la muestra con Ta (Figura 1d). Por otra parte, los resultados indican que al someter las muestras de la aleación sin y con Ta, a una temperatura cerca de la zona beta-transus (950 °C por 1h y enfriada en el horno) en el campo de estabilidad de $\alpha+\beta$, se alcanza un mayor engrosamiento de la fase α (Figuras 1e y 1f), debido a la formación de la fase α a partir de la fase β , por medio de los mecanismos de nucleación y crecimiento. Este hecho evidencia que el enfriamiento en el

horno a 950 °C por 1h, generó un engrosamiento de la microestructura en la aleación sin y con adición de tántalo, siendo más notable este efecto en la muestra con Ta.

Conclusiones

1. La caracterización microestructural por M.E.B., reveló la presencia de una microestructura bifásica $\alpha+\beta$ de las muestras refundidas de la aleación Ti6Al4V sin y con adiciones de Ta, constituida por la fase α (rica en Al) y la fase β (rica en V y Ta).
2. Las muestras de la aleación Ti6Al4V sin y con Ta, sometidas a los dos ciclos de tratamientos térmicos, presentaron igualmente una microestructura bifásica constituida por las fases α y β , mostrando diferencias de tamaño y orientación de la fase α contenida en la matriz β , en la aleación con adición de Ta.
3. La caracterización microestructural de las muestras de la aleación Ti6Al4V reveló que el Ta tiene un efecto refinador sobre la fase α acicular y actúa como un estabilizador de la fase β , cuando se trata térmicamente a 850 °C.
4. El mayor engrosamiento de la fase α en las muestras de la aleación Ti6Al4V sin y con Ta se logró a la temperatura de 950 °C, inducido por nucleación y crecimiento de la fase α a partir de la fase β .

Palabras claves: Aleación Ti6Al4V, Fase α , Fase β , Fase $\alpha +\beta$, Tántalo, Tratamiento térmico.

Referencias

- [1] H. J. Rack and J. I. Qazi. "Titanium alloys for biomedical applications". *Materials Science and Engineering C* 26 (2006), 1269-1277.
- [2] M. T. Jovanovic, S. Tadic, S. Zec, Z. Miskovic and I. Bobic. "The effect of annealing temperatures and cooling rates on microstructures and mechanical properties of investment cast Ti-6Al-4V alloy". *Materials & Design*, 27 (2006), 192-199.
- [3] M. Peters, G. Lütjering, and G. Ziegler. "Control of microstructure of ($\alpha + \beta$) titanium alloys". *Z. Metallkunde*, 74 (1983), 274-282.
- [4] S. Camero, C. Rodríguez y U. Yépez. "Tratamientos térmicos y relación microestructura-dureza en una aleación Ti-4,5Al-3V". *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 13 (1998), 27-34.
- [5] Y. Okazaki, Y. Ito, A. Ito and Tateishi. "Effect of alloying elements on mechanical properties of titanium alloys for medical implants". *Materials Transactions JIM*, Vol. 34, 12 (1993), 1217-1222.

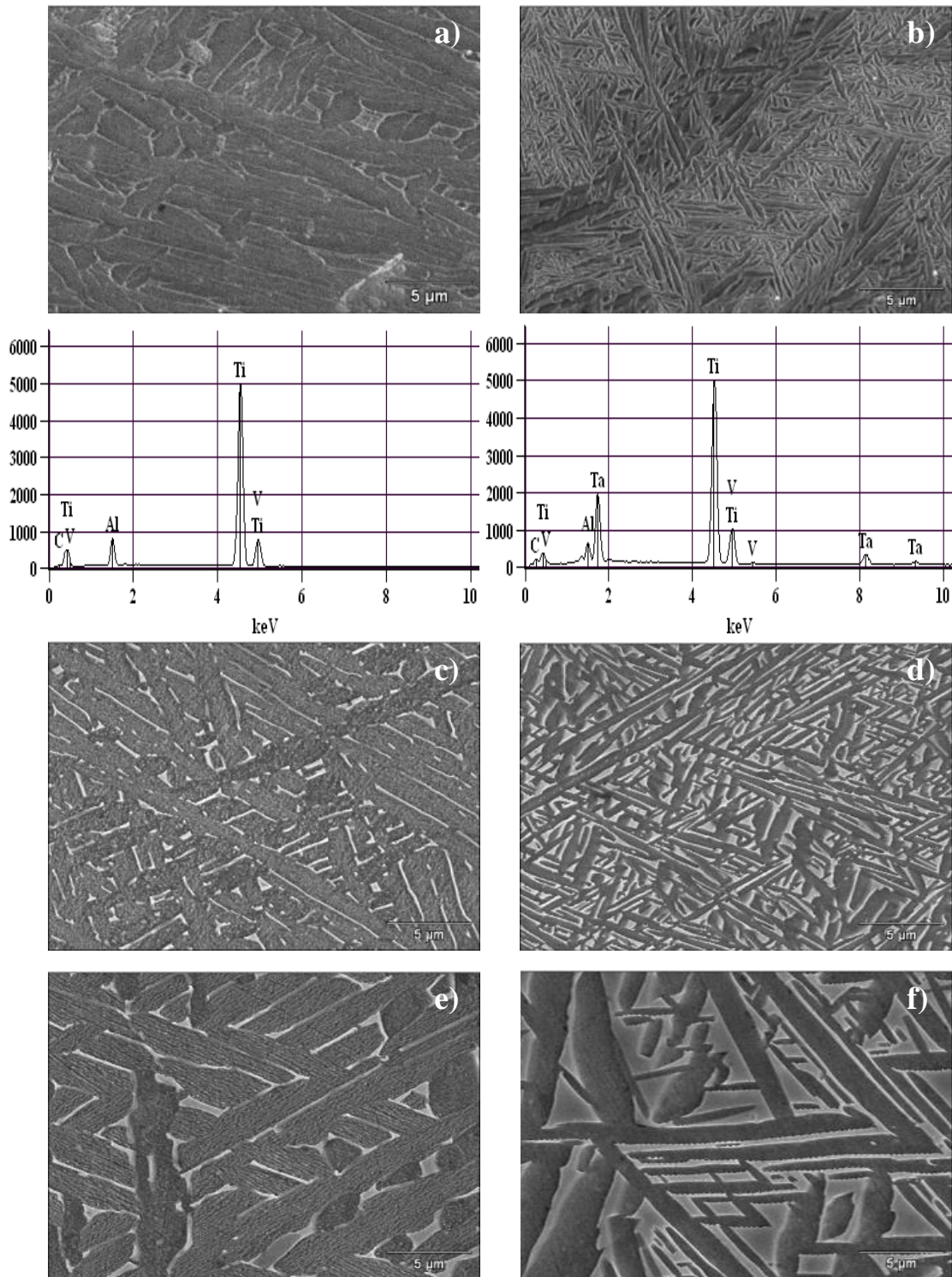


Fig. 1. Fotomicrografías obtenidas por M.E.B. de las muestras de la aleación Ti6Al4V. Los microanálisis químicos por E.D.S. corresponden a las aleaciones sin y con Ta en estado de fusión:

a) En estado de fusión, sin Ta

b) En estado de fusión, con Ta

c) 850 °C, 1h, enfriamiento en horno, sin Ta

d) 850 °C, 1h, enfriamiento en horno, con Ta

e) 950 °C, 1h, enfriamiento en horno, sin Ta

f) 950 °C, 1h, enfriamiento en horno, con Ta