

RECUPERACIÓN DE FRAGMENTOS DE MATERIAL RESIDUAL DE ALEACIÓN DE TI-6AL-4V PARA LA FABRICACIÓN DE IMPLANTES MÉDICOS, MEDIANTE LA REFUSION POR HORNO DE ARCO.

William A. Rodríguez, Gema Gonzales, Othman Falcón

^a*Instituto Nacional de Bioingeniería, Universidad Central de Venezuela, Los Chaguaramos, Caracas, Venezuela, bioingenieriatoi@gmail.com, <http://www.inabio.edu.ve>*

^b*Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, San Antonio de los Altos, Carretera Panamericana, Km 11, Miranda, Venezuela, gemagonz@gmail.com*

Palabras Clave: Titanio, implantes, refusion, condiciones específicas $\alpha+\beta$.

Resumen. La elaboración de piezas de aleación de Titanio tiene una alta aplicación en las industrias Aeroespaciales, químicas y médicas. Es por ello que por medio de la recuperación, recopilación o reciclaje de fragmentos de material residual que se desprenden del mecanizado en la fabricación de piezas de aleación de Ti-6Al-4V, se puedan construir implantes médicos mediante la refusion por Horno de Arco, realizando los tratamientos térmicos adecuados, bajo condiciones específicas $\alpha+\beta$ que logren mantener en gran parte la misma microestructura, composición química y propiedades mecánicas de la aleación base, obteniendo una alternativa económica que permita reemplazar los métodos costosos empleados usualmente y con un alto nivel de seguridad.

1 INTRODUCCION

El Ti y sus aleaciones son extensamente utilizados en gran variedad de aplicaciones ingenieriles, en las que se necesita buena combinación de propiedades químicas y mecánicas.

A temperatura ambiente y presión atmosférica, el Ti posee una estructura hexagonal compacta (hcp) llamada fase α , mientras que a la misma presión pero a temperaturas elevadas se transforma a la fase β de estructura cúbica centrada en el cuerpo (bcc). La temperatura de transformación es de 882 ± 2 °C para el Ti puro. La transformación alotrópica anteriormente nombrada permite obtener aleaciones con microestructuras de tipo α , β o α/β , dependiendo de los elementos que estabilizan una u otra fase.

La aleación Ti-6Al-4V (denominada también Ti grado 5, según norma ASTM B367) es de tipo α/β , ya que el aluminio (Al) es un elemento estabilizante de la fase α , mientras el vanadio (V) estabiliza la fase β favoreciendo que ésta sea estable a menor temperatura. Esta aleación es extensamente usada como material estructural debido a sus excelentes propiedades mecánicas y de resistencia a la corrosión. En general, las reconocidas propiedades del Ti y sus aleaciones se deben fundamentalmente a la formación, a temperatura ambiente, de un óxido natural, TiO₂. En aire o agua a temperatura ambiente el Ti forma naturalmente un óxido de 2-7 nm. Sin embargo, este óxido nativo presenta pobres propiedades mecánicas superficiales, que pueden incrementarse sometiendo el material a oxidación térmica en distintas atmósferas de oxígeno.

En cuanto a la estructura del óxido resultante, el TiO₂ presenta tres fases cristalinas: anatasa (tetragonal), rutilo (tetragonal) y broquita (ortorrómbica). El rutilo es la fase más estable y la anatasa y la broquita pueden existir como formas metaestables.

En este trabajo se evalúa la influencia del tiempo de exposición del material al tratamiento térmico y el amperaje al cual el material es fundido, mediante la refusion por horno de Arco, agregándole un mínimo de porcentaje de Hierro entre el 1% y 3% para tres diferentes muestras, analizando la morfología y estructura cristalina mediante Microscopia Electrónica de Barrido, para ver si algunas de las muestras se comporta estructuralmente de manera similar a la muestra base de la aleación, para que pueda dársele uso médico en un área específica cumpliendo con las características biomecánicas y biológicas adecuadas.

2 METODO EXPERIMENTAL

2.1 Material

El estudio se realizó a partir de virutas o fragmentos residuales que quedan del mecanizado de una barra de aleación de Ti6Al4V, cuya composición química se ofrece en la tabla I. Esta barra se recibió en el estado de recocido de laminación (mill annealed), esto es, con un breve mantenimiento a 760°C durante 2 horas, seguido de enfriamiento al aire como paso final a su proceso de elaboración.

| MUESTRA | Tratamiento térmico | Tiempo | Microestructura | Fe % | Al % | V % | O% | N% | H% | C% | Ti % |
|-----------------|---------------------|---------|---------------------|------|------|-----|------|------|------------|------|------|
| original 1-o | RECOCI. 760°C | 2 horas | Equiax alpa-beta | 0,20 | 5,88 | 4 | 0,12 | 0,01 | 0,00 04 | 0,02 | R |

Tabla I.composicion química de la aleación base ti6al4v.

2.2 Preparación superficial

A partir de una barra de 3 cm de diámetro de la aleación Ti-6Al-4V se corto una probeta cilíndrica de alrededor de 5mm de diámetro por 4mm de ancho llamada muestras original base, identificada como (1W) y luego para tres muestras mas de forma cilíndrica se tomaron alrededor de 14gr de virutas de la aleación, y se le agrego un contenido de Fe entre 1 y 3% en peso. Estas virutas fueron comprimidas, en un molde por carga axial de compresión, usando una prensa hidráulica, aplicando 12toneladas de presión, se obtuvieron probetas o muestras de 10gr aproximadamente

Al fundir las tres muestras, las probetas obtenidas fueron desbastadas con papeles abrasivos de granulometría creciente desde 60 a 1500. El pulido se realizó con una suspensión de alúmina y agua oxigenada, hasta obtener una superficie espejada. Posteriormente se limpiaron con agua y detergente y luego con alcohol y se secaron con aire caliente. Para revelar la microestructura del material base se empleó una solución Kroll (2% HF, 3% HNO₃, 95% H₂O).

2.3 Procedimiento de Fusion

El método utilizado fue la fusión en horno de arco. Las tres muestras de virutas comprimidas, fueron sometidas a varias refusiones, donde la variación de cada una fue de tiempo y amperaje de la misma, además del contenido de hierro agregado entre un 1% y 3% El procedimiento de refusión se realizo tres veces para cada muestra, para buscar la homogeneidad de la misma. Tres pastillas fueron preparadas utilizando diferentes periodos de fusión y voltajes distintos, bajo atmósfera de argón, (Tabla II).

| Muestra | Amp. | Tiempo en minutos |
|---------------------|------|-------------------|
| 1W(base) | — | — |
| 2W(3veces) Fundida | 100 | 2.30 |
| 3W (3veces) Fundida | 120 | 1.30 |
| 4W (3veces) Fundida | 180 | 4.30 |

Tabla II. muestras a ensayar

2.4 Estudio metalografico

La caracterización metalografía de la aleación, fue realizada a cada una de las probetas provenientes de la fundición, en las direcciones longitudinales y transversales en cada una de ellas. Estas probetas se examinaron en el microscopio óptico y en el electrónico de barrido, realizando el análisis elemental por espectroscopia de rayos X por dispersión en la energía (EDX).

3 RESULTADOS

Los resultados registrados en el ensayo de las tres probetas fundidas se observan en la figura 1 donde se muestra la microestructura widmanstatten característica de estas aleaciones objeto de estudio comparativo con la muestra base de la aleación (1W) que se observa en la figura 2. La probeta que muestra una mejor homogeneidad es la (2W) que presenta granos de formas

equiaxiales, en tanto que el resto conducen a microestructuras aciculares con morfologías que parecen variar con la intensidad de corriente y con el tiempo de fusión. El contenido de Fe no parece afectar la morfología acicular de esta fase.

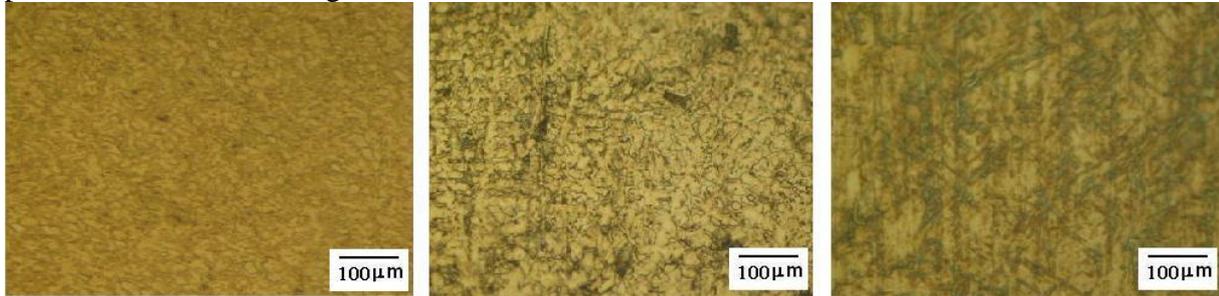


Figura 1. Microscopía óptica 2W, 3W, 4W.

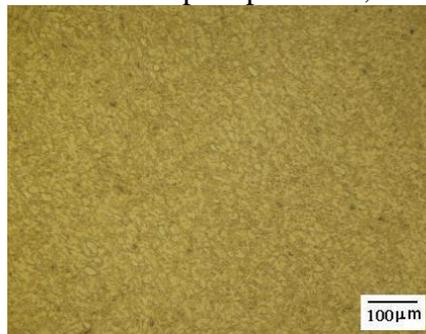


Figura 2. Microscopía óptica 1W

4 DISCUSION

El análisis tanto de composición como de morfología obtenido mediante microscopía electrónica de barrido, de cada una de las muestras (figura 3), proporciona una gran ayuda para comprender las causas de los diferentes comportamientos.

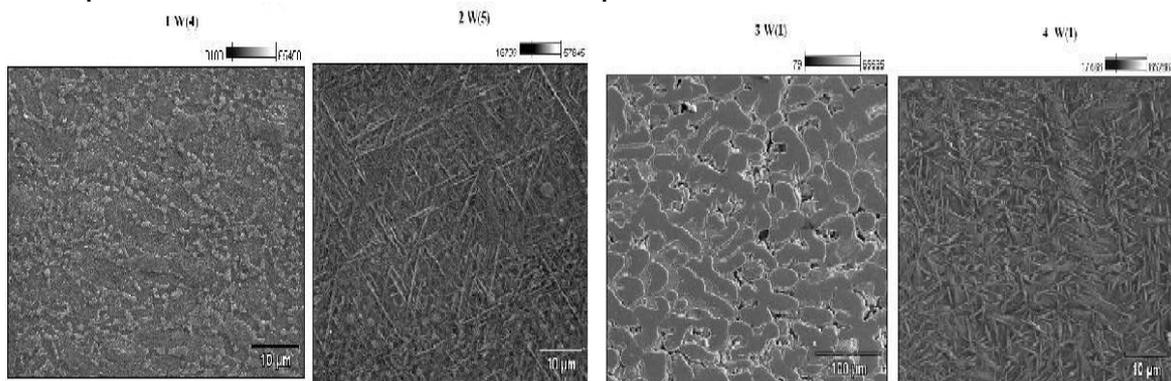


Figura 3. Microscopía Electrónica, 1W, 2W, 3W, 4W.

La probeta base (1W) presenta la composición característica de esta aleación (Ti6Al4V), indicado en la tabla III, con una morfología en la que las fases no se presentan completamente características.

| <i>Element Line</i> | <i>Weight %</i> | <i>Atom %</i> |
|-------------------------|-----------------|---------------|
| <i>Al K</i> | 5.18 | 8.87 |
| <i>Ti K</i> | 90.48 | 87.21 |
| <i>V K</i> | 4.33 | 3.93 |
| <i>Total</i> | 100.00 | 100.00 |

Tabla III. Porcentaje de peso de cada elemento en la aleación 1W.

La probeta fundida (2W), analizada entre cuatro puntos, la composición característica pero con zonas de mayor o menor contenido de Al, indicando la presencia de fases α y β , con una morfología homogénea la cual se refleja en la tabla IV.

| | <i>Al-K</i> | <i>Ti-K</i> | <i>V-K</i> | <i>Fe-K</i> |
|-------------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| <i>2 W(6)_pt1</i> | 5.00 | 89.33 | 3.84 | 1.84 |
| <i>2 W(6)_pt2</i> | 4.41 | 90.23 | 3.90 | 1.46 |
| <i>2 W(6)_pt3</i> | 4.27 | 90.43 | 3.54 | 1.76 |
| <i>2 W(6)_pt4</i> | 4.05 | 90.14 | 3.87 | 1.94 |

Tabla IV. Porcentaje de peso de cada elemento en la aleación 2W.

La probeta (3W) se observa una disminución casi radical del aluminio con respecto al vanadio, lo cual es catastrófico, a su vez, un doble por ciento mas de hierro que la probeta anterior, en donde las partículas se reflejan aciculares, con una microestructura muy poco homogénea, (tabla V).

| <i>Element Line</i> | <i>Weight %</i> | <i>Atom %</i> |
|-------------------------|-----------------|---------------|
| <i>Al K</i> | 1.19 | 2.10 |
| <i>Ti K</i> | 92.94 | 92.61 |
| <i>V K</i> | 3.32 | 3.11 |
| <i>Fe K</i> | 2.55 | 2.18 |
| <i>Total</i> | 100.00 | 100.00 |

Tabla V. Porcentaje de peso de cada elemento en la aleación 3W

En la probeta (4W) la morfología es widmastatten característica y esta representada por fibrillas muy cruzadas y alargadas, con una composición característica de esta aleación, similar a la muestra base (1W), aunque con un cierto contenido de hierro (tabla VI).

| <i>Element Line</i> | <i>Weight %</i> | <i>Atom %</i> |
|-------------------------|-----------------|---------------|
| <i>Al K</i> | 5.24 | 9.00 |
| <i>Ti K</i> | 87.66 | 84.80 |
| <i>V K</i> | 3.89 | 3.54 |
| <i>Fe K</i> | 3.21 | 2.66 |
| <i>Total</i> | 100.00 | 100.00 |

Tabla VI. Porcentaje de peso de cada elemento en la aleación 4W

5 CONCLUSIONES

El análisis microestructural nos permite concluir que el periodo de fundición óptimo para obtener una microestructura mas homogénea y con las características deseadas se obtiene cuando se utiliza un mayor tiempo de fusión, pero usando un menor amperaje. Estas condiciones nos permiten obtener placas de fase α , bordeadas por fase β , homogéneas y compactas. Esto es una alternativa de aprovechamiento de material para su reutilización para fabricación de piezas que podrían tener aplicaciones biomédicas.

REFERENCIAS

- A.M. Irrisari, A. Gil-Negrete y L.M. Plaza. *Mejora de las propiedades de titanio mediante tratamiento térmico. Aprobado para su presentación en el 3er Congreso Nacional de tratamientos térmicos. Tratermat 88. Madrid, 1988*
- J. Sieniawski, *The effect of phase composition on the fracture toughness of structural titanium alloys, in : proceedings of the ISUMEL-2 second International Symposium on ukrainian mechanical Engineers in Lviv, Lviv, 1995.*
- Ed. by J. L. Murray, *Phase diagrams of Binary titanium alloys: monograph series on alloy phase diagrams*, ASM International, 1987.