

Estudio del comportamiento de corrosión in vitro de la aleación Ti-6Al-4V en solución fisiológica de plasma sanguíneo artificial

Cuando un implante metálico es colocado en un sistema biológico el comportamiento del bio-material se ve influenciado por diversos factores que pueden modificar la cinética de corrosión, lo cual puede conducir no sólo a la falla de dispositivo, sino también a la liberación de iones metálicos que, en el caso de algunos metales y a partir de ciertas concentraciones, pueden resultar letales para el individuo. Entre los factores relacionados con el medio son relevantes su composición química, pH y temperatura, entre otros, así como sus posibles variaciones, mientras que por parte del material influye su microestructura, rugosidad superficial, diseño geométrico, etc.

Por todo ello se ha señalado que uno de los grandes retos en el presente siglo es el de lograr diseñar apropiados estudios de corrosión in vitro en los que se simule y evalúe el comportamiento "real" de dichos sistemas con el fin de obtener resultados que permitan mejorar los modelos predictivos existentes.

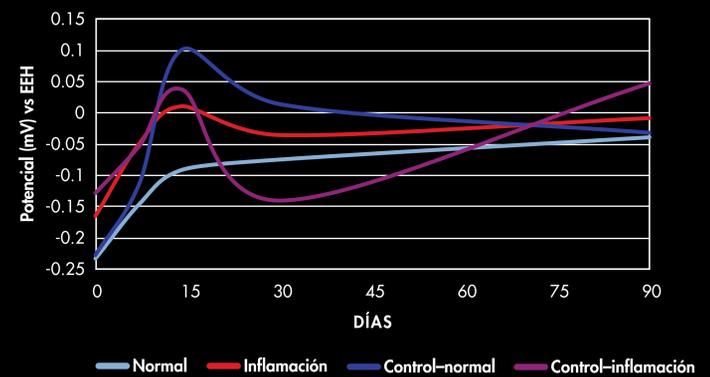
Con este fin se estudió el comportamiento de la aleación Ti-6Al-4V en forma de láminas al ser expuestas a soluciones fisiológicas de plasma

sanguíneo artificial (composición química según la Norma ISO 10993-15).

El estudio diseñado consistió en ensayos de inmersión a 37 °C por tres meses, comparando el comportamiento de series de muestras de la aleación. En una de ellas, simulación del comportamiento "normal", se mantuvo el pH de las soluciones fisiológicas de plasma a pH 7,4. En la segunda se simuló el efecto sobre el pH del proceso de inflamación que suele acompañar al tejido circundante tras colocar un implante, mediante la variación gradual de pH desde 5,5 hasta 7,4 a lo largo de 15 días, para luego mantener el pH en el valor normal. La eventual liberación de iones de Ti, Al y V fue determinada mediante análisis por ICP-AES y la composición química en aniones de las soluciones fue analizada por HPLC-IC. El potencial de corrosión (E_{corr}) de las muestras metálicas fue también monitoreado a lo largo del ensayo.

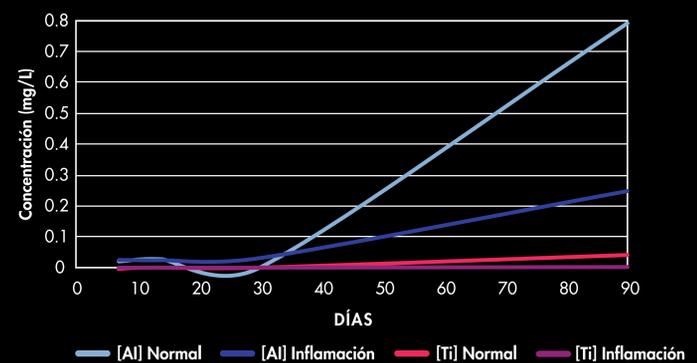
Adicionalmente fueron realizados ensayos electroquímicos para evaluar el comportamiento de corrosión de la aleación bajo condiciones de polarización forzada y fueron estimadas las velocidades de corrosión en soluciones de plasma a valores de pH "normal" y "bajo inflamación".

Variación de E_{corr} en las series (inmersión)

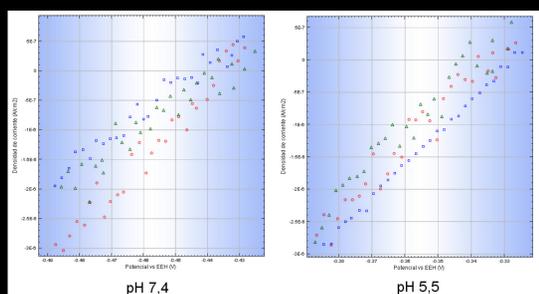


Variación del valor promedio del potencial de corrosión (E_{corr} , V, EEH) de la aleación Ti-6Al-4V bajo condiciones de inmersión en solución de plasma artificial a 37 °C. La aleación tiende a pasivarse al cabo de 15 días a pH 7,4 (serie "normal") y tras 30 días de ensayo en los demás casos.

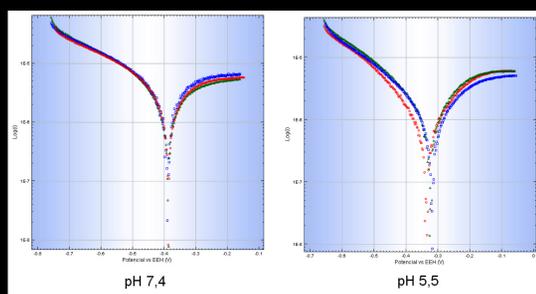
Presencia de Al y Ti en ensayos de inmersión



Concentraciones de iones titanio y aluminio disueltos liberados a partir de la aleación Ti-6Al-4V a lo largo de 90 días en condiciones de inmersión en solución de plasma artificial a 37 °C. Las cantidades de aluminio disuelto fueron notablemente mayores que las de titanio, mientras que en ningún caso fueron liberados iones de vanadio en concentraciones cuantificables. Análisis químicos mediante ICP-OES.

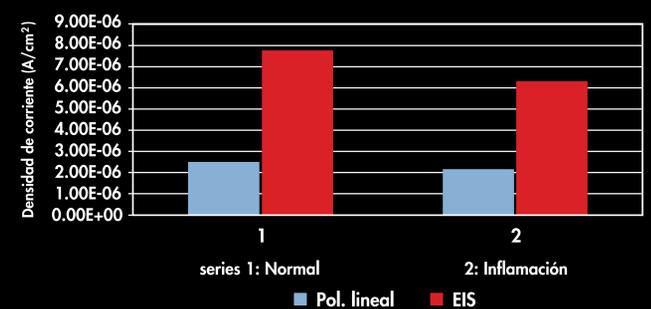


Ensayos electroquímicos: Determinación de la resistencia a la polarización lineal (R_p) y pruebas de reproducibilidad para estimación de la velocidad de corrosión de la aleación Ti-6Al-4V en solución de plasma sanguíneo artificial a 37 °C a pH normal y pH "bajo inflamación".



Ensayos electroquímicos: Curvas de polarización y pruebas de reproducibilidad para estimación de la velocidad de corrosión (Método de Tafel) de la aleación Ti-6Al-4V en solución de plasma sanguíneo artificial a 37 °C a pH normal y pH "bajo inflamación".

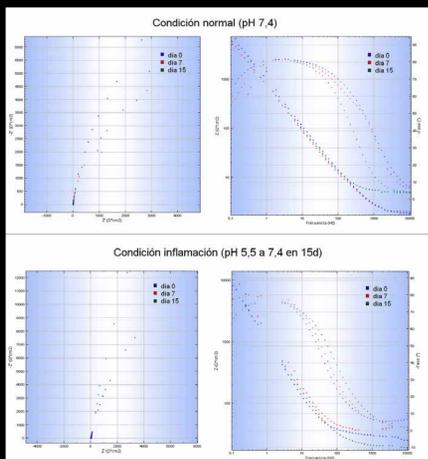
Comparación de i_{corr}



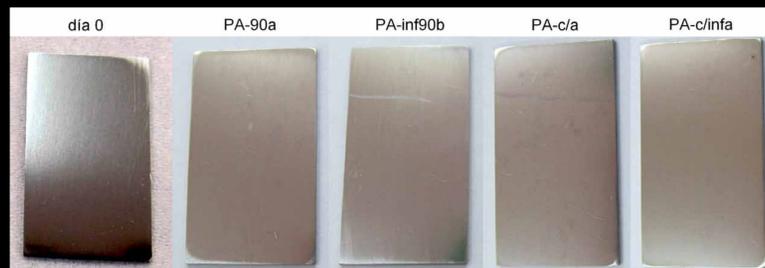
Ensayos electroquímicos: Comparación de las velocidades de corrosión (i_{corr}) de la aleación Ti-6Al-4V en solución de plasma sanguíneo artificial a 37 °C a pH normal (7,4) y simulando inflamación (pH = 5,5), obtenidas a partir de técnica estacionaria (resistencia a la polarización lineal, R_p) y técnica no estacionaria (espectroscopia de impedancia electroquímica, EIS).

AGRADECIMIENTOS

El equipo de investigación agradece al Vicerrectorado de Investigación por el financiamiento del Proyecto DGI 70242-0171 y al Dr. Alejandro Di Sarli (CIDEPINT, La Plata, Argentina) por su asesoría en Espectroscopia de Impedancia Electroquímica.



Ensayos electroquímicos: Diagramas de Nyquist y Bode (Espectroscopia de Impedancia Electroquímica) de la aleación Ti-6Al-4V en solución de plasma sanguíneo artificial a 37 °C registrados a lo largo de 15 días de inmersión.



Aspecto de especímenes de Ti-6Al-4V antes (izq.) y al cabo de 90 días de inmersión en solución de plasma artificial (superficies más opacas y mostrando efectos de borde). A pH 7,4 (PA-90a); tras variación gradual de pH de 5,5 a 7,4 durante 15 días, simulando proceso de inflamación y recuperación (PA-inf90b); especímenes de control sin ajuste de pH de las soluciones (pH inicial = 7,4 → PA-c/a; pH inicial = 5,5 → PA-c/infa)