

Resumen:

Las aleaciones biomédicas de alta entropía (Bio-HEA) con propiedades no tóxicas, sintetizadas mediante métodos de pulvimetalurgia, han recibido una atención limitada a pesar de su potencial para un rendimiento mecánico y biológico favorable. Este estudio tuvo como objetivo investigar sistemáticamente las características microestructurales, mecánicas, electroquímicas y de liberación de iones de distintas composiciones de aleaciones porosas organizadas en tres grupos. El grupo uno consta de cuatro aleaciones porosas de TNZT EB con distintas proporciones de Ti/Ta, mientras que el grupo dos consta de dos aleaciones porosas de TNZTM EB con diferentes proporciones de Ti/Mo. Por último, el grupo tres incluye dos aleaciones más densas de TNZT SPS con diferentes proporciones de Ti/Ta.

En el análisis de la microestructura de las aleaciones TNZT EB, es evidente la presencia de fase (matriz) BCC semiequiaxial y micrométrica con un pequeño contenido de fase HCP. Propiedades mecánicas, que abarcan módulos elásticos (83-100 GPa), dureza (373-430 HVN), flexión máxima (225-476 MPa), resistencia a la tracción (120-256 MPa) y compresión (713-1410 MPa); además, la velocidad de corrosión electroquímica ($4,5-9,6 \mu\text{m año}^{-1}$) y la liberación de iones (toxicidad, $0,04-1,1 \mu\text{m año}^{-1}$), se encuentran dentro de los límites aceptables para los biomateriales de implantes. Sorprendentemente, aumentar el contenido de Ti (y disminuir Ta) muestra ventajas en la mejora de la resistencia mecánica y reduce el módulo elástico.

La microestructura del grupo dos, específicamente las aleaciones Ti_{20} EB TNZTM, exhibe fases (matriz) BCC semiequiaxiales y micrométricas con proporciones disminuidas de fases Zr FCC y HCP. Por el contrario, en Ti_{25} EB TNZTM, la microestructura comprende fases FCC (matriz) micrométricas y semiequiaxiales con cantidades reducidas de fases HCP y BCC. Es digno de mención subrayar el desafío de la débil homogeneidad que conduce a una heterogeneidad evidente en las aleaciones TNZTM EB. Las propiedades mecánicas, incluidos módulos elásticos (78-80 GPa), dureza (257-294 HVN), flexión máxima (186-210 MPa), resistencia a la tracción (121-144 MPa), compresión (661-774 MPa), corrosión electroquímica ($5-6,6 \mu\text{m año}^{-1}$) y la liberación de iones (toxicidad, $0,3-0,8 \mu\text{m año}^{-1}$) están también dentro

de rangos aceptables para biomateriales de implantes. La reducción ventajosa del módulo elástico y la liberación de iones se logra disminuyendo el contenido de Ti (y aumentando el Mo), mientras que la mejora del fortalecimiento mecánico se facilita al aumentar el contenido de Ti (y disminuyendo el Mo).

El grupo tres, aleaciones TNZT SPS, exhibe una microestructura con fases BCC (matriz) micrométricas y semiequiaxiales y un menor contenido de fases HCP y FCC. Los módulos elásticos (85-88 GPa), dureza (268-349 HVN), flexión máxima (225-476 MPa) y corrosión electroquímica ($4,7-5,1 \mu\text{m año}^{-1}$) resultan ligeramente inferiores que en las aleaciones de polvos elementales. El aumento del contenido de Ti (y la disminución de Ta) muestran ventajas en cuanto a la reducción del módulo elástico y mejoran la dureza.

El valor moderado del módulo elástico tiene beneficios potenciales para aliviar el efecto de apantallamiento de tensiones entre los implantes y el tejido orgánico. Sin embargo, en el caso del grupo uno (TNZT EB), la velocidad de corrosión mostró una tendencia ascendente, mientras que la liberación de iones metálicos disminuyó con el aumento del contenido de Ti. Por el contrario, para el grupo dos (TNZTM EB), tanto la velocidad de corrosión como la liberación de iones metálicos disminuyeron en respuesta al aumento del contenido de Ti. Dentro del grupo tres (TNZT SPS) hubo un aumento en la velocidad de corrosión a medida que aumentaba el contenido de Ti.

Con base en lo anterior, las aleaciones porosas de TNZT EB con contenidos de Ti medios y altos (Ti_{30} EB y Ti_{35} EB) resultan los candidatos más prometedores para aplicaciones de implantes biomédicos.