



MATERIALES BIOCOMPATIBLES BASADOS EN LA ALEACIÓN NB-1ZR PROCESADOS POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA SEVERA

Posted on 27 octubre, 2020

Tag: [Volumen 6 – Número 3](#)

Imágenes SEM de la superficie de fractura de la prueba de tracción a temperatura ambiente en diferentes aumentos analizados por SEM para la muestra ARB0 (ayb) y muestra ARB5 (cyd).

La compatibilidad biomecánica es un desafío importante para la utilización de materiales metálicos en prótesis óseas humanas. En particular, el módulo elástico del hueso cortical humano (10-30 GPa) es mucho más bajo que el de las aleaciones típicamente usadas, por ejemplo 200 GPa para el acero inoxidable 316 y 105-125 GPa para las aleaciones de titanio. Esta diferencia puede generar un efecto detrimental en el hueso, al proporcionar demasiada protección y, a la larga, debilitar al hueso que debería reforzar. Esta es la fuerza motriz que impulsa la investigación para generar aleaciones resistentes, con bajo módulo elástico y biocompatibles.

En un artículo publicado en este año, reportamos los resultados del procesamiento por deformación plástica severa (SPD) en una aleación Nb-1Zr (99% niobio, 1% zirconio). Esta aleación está formada por elementos biocompatibles, pero presenta baja resistencia mecánica, lo cual ha impedido su uso en prótesis de hueso. La aleación, en forma de láminas, fue procesada a través de un método conocido como unión por rolado acumulativo (ARB). En este proceso, dos láminas sobrepuestas se hacen pasar a través de dos rodillos de un molino de rolado con capacidad de 20 toneladas-fuerza de separación. La gran deformación genera una unión en frío entre las láminas. El producto resultante es cortado a la mitad transversalmente y el procedimiento se itera 4 veces más. Esto permite obtener una gran deformación redundante, manteniendo las dimensiones originales del material.

Mapas de orientación de EBSD que muestran la evolución microestructural que muestra un refinamiento significativo del grano desde (a) 30 μm en la muestra de ARB0 hasta (b) 800 nm en la muestra ARB5.

La gran deformación acumulada (aproximadamente 400%) genera dos resultados interesantes. El primero y

más inmediato es la mejora de la resistencia mecánica a la cedencia de 4 veces sobre el material original, acompañado de una mejora de su resiliencia (capacidad de absorber energía sin sufrir una deformación permanente) de 26 veces. El segundo y más interesante resultado, es la reducción del módulo elástico del material de 104 a 84 GPa, haciéndolo más compatible mecánicamente con el hueso cortical humano que otras alternativas.

El origen de ambos resultados fue analizado y se encontró que la mejora de la resistencia está relacionada con el refinamiento de grano del material causado por la gran deformación acumulado. El tamaño de grano del material pasó de 30 micrómetros a 500 nanómetros, una reducción de dos órdenes de magnitud. La caída en el módulo elástico fue estudiada mediante difracción de rayos X. A través de esta técnica se pudo determinar que la deformación acumulada por el proceso ARB generó una orientación poco común de los cristales de la aleación hacia las direcciones con menor respuesta elástica. El resultado de esta orientación a nivel microscópico redujo el módulo elástico medido en la escala macroscópica. Por último, se demostró mediante pruebas de biocompatibilidad que el proceso de ARB no disminuye de modo significativo esta propiedad.

Los resultados fueron publicados en la revista *Materials Science and Engineering A* y son el resultado del trabajo doctoral de Brenda Lizeth Rodríguez Espinoza, estudiante de Cinvestav Unidad Saltillo. Este trabajo se realizó en colaboración con la Universidad de Málaga, en particular con los doctores Pablo López Crespo, Ana Rodríguez Quesada y Beatriz Martínez Póveda. Las perspectivas de estudio incluyen el análisis de la vida en fatiga de este material, así como el estudio de su anisotropía, tanto en el rango plástico como en el elástico.

Referencias

Rodríguez-Espinoza, B. L., García-Pastor, F. A., Martínez-Poveda, B., Quesada, A. R., & Lopez-Crespo, P. (2020). High-strength low-modulus biocompatible Nb-1Zr alloy processed by accumulative roll bonding. *Materials Science and Engineering A*, 797. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2020.140226>