

Capítulo 7

Trabajo futuro

Los resultados obtenidos en este trabajo han permitido dilucidar importantes cuestionamientos relacionados con el comportamiento mecánico al contacto de recubrimientos de vidrio sobre un substrato de Ti6Al4V. Estos resultados han abierto también la posibilidad de extender las metodologías y análisis implementados para ser aplicados en una gran variedad de sistemas laminados similares. Como es lógico, el vasto trabajo realizado aquí abre un amplio espectro de posibilidades futuras de investigación relacionadas, tanto con el material estudiado como con la metodología de caracterización empleada. De estas posibilidades se describen a continuación las más relevantes.

- *Líneas de investigación relacionadas con el recubrimiento bioactivo sobre Ti6Al4V*

El estudio del comportamiento del recubrimiento bicapa bioactivo al contacto Hertziano en presencia de células cultivadas sobre la superficie, concretamente osteoblastos, puede permitir una caracterización más amplia del sistema. Por un lado, se puede establecer la influencia de las células y su medio de cultivo en la respuesta del recubrimiento a diferentes tipos de solicitaciones de contacto. Por otro lado, es posible estudiar el efecto de las fuertes tensiones de tracción concentradas justo afuera del círculo de contacto en el comportamiento de las células cultivadas.

El trabajo realizado hasta ahora se ha concentrado en el comportamiento mecánico del recubrimiento como tal, considerando la influencia de la deformación del sustrato en dicho comportamiento. Es necesario también conocer la influencia del recubrimiento en las propiedades mecánicas de la aleación, fundamentalmente en la respuesta a fatiga. Esta influencia no es a priori fácilmente predecible ya que además de las tensiones residuales térmicas que induce el recubrimiento debe sumarse la intervención de factores más complejos como la presencia de la capa interfacial de siliciuro de titanio (Ti_5Si_3), la aproximación de fisuras desde el recubrimiento a la intercara y otra serie de fenómenos interfaciales que pueden alterar el inicio de la fatiga.

Es bien conocido que los implantes y prótesis se someten a un estricto protocolo de esterilización antes de su uso clínico definitivo. En este trabajo se ha demostrado la sensibilidad del recubrimiento a la presencia de un medio acuoso combinado con la aplicación de cargas estáticas y cíclicas. Es conveniente conocer la influencia de diferentes métodos de esterilización en la respuesta mecánica del recubrimiento, evaluando esta respuesta durante y después de la esterilización.

En este trabajo se ha demostrado la fuerte sensibilidad de la respuesta mecánica del recubrimiento a la cantidad y morfología de los defectos pre-existentes. Un posible camino para la optimización de las propiedades mecánicas superficiales es la modificación de la morfología de los defectos pre-existentes mediante tratamientos en soluciones acuosas con diferentes sustancias que actúan preferencialmente en la punta

de las fisuras modificando favorablemente su forma. Esta es una alternativa que merece ser explorada con miras al mejoramiento del comportamiento mecánico del recubrimiento.

Los resultados de este trabajo han demostrado que la capa precipitada de hidroxiapatita carbonata (HCA) posee interés no solamente para el enlace biológico con el hueso, sino también para la fiabilidad mecánica del sistema. Es, por lo tanto, de gran interés llevar a cabo una caracterización exhaustiva de las propiedades mecánicas de esta capa, especialmente su adhesión, para lo cual es indispensable recurrir a herramientas avanzadas de caracterización como la nanoindentación y la microscopía de fuerza atómica (AFM).

- *Líneas de investigación relacionadas con el método de contacto Hertziano*

Los resultados obtenidos en este trabajo han demostrado el potencial que tiene la utilización de la fisura anillo debido al contacto Hertziano, para la caracterización de las propiedades monotónicas, estáticas y cíclicas de sólidos frágiles, especialmente cuando son recubrimientos. Por lo tanto, el mejor control de su evolución mediante la implementación de herramientas como los sensores de emisión acústica u otros similares acoplados a los diferentes dispositivos mecánicos de contacto, especialmente para los ensayos estáticos y cíclicos, permitirá una caracterización más exacta de este daño y refinará los resultados en los cuales se utiliza la condición para la cual se forma.

El modelo de coalescencia propuesto en este trabajo para describir la formación de la fisura anillo bajo contacto estático y cíclico por crecimiento sub-crítico de fisuras pre-existentes, es susceptible, por supuesto, de importantes mejoras. Las más relevantes deberán ir en la dirección de la consideración de factores como el incremento del factor de intensidad de tensiones en la punta de las fisuras a medida que se acercan a otra vecina y la influencia del posible crecimiento de las fisuras en la dirección de la profundidad en la expresión del factor de intensidad de tensiones.

La delaminación de un recubrimiento frágil sobre un sustrato dúctil puede ser estudiada mediante el contacto Hertziano, como se ha demostrado en este trabajo. Sin embargo, se requiere un trabajo más profundo que permita proponer un modelo físico aproximado que describa la delaminación monotónica y cíclica, y que además pueda ser racionalizado en el marco de la mecánica de la fractura. Esto puede ser factible para el caso de la delaminación cíclica en el régimen de menores valores de carga máxima, en el cual el daño que ha sufrido superficialmente el recubrimiento es mínimo y podría considerarse que un defecto interfacial crece cíclicamente debido a tensiones inducidas todavía en el campo elástico del recubrimiento.

El potencial de la metodología del contacto Hertziano y los análisis implementados en este trabajo puede ser verificado en algunos tejidos en los cuales es reconocida la dificultad de caracterizarlos por métodos convencionales. Entre ellos, los candidatos más inmediatos podrían ser muestras de dientes y de hueso cortical, tejidos en los cuales la sollicitación mecánica por contacto es evidentemente predominante y para la cual el contacto Hertziano es una herramienta experimental de simulación que además, mediante la utilización de los resultados obtenidos en este trabajo, permitiría la caracterización de sus propiedades intrínsecas.