
Resumen

La interacción de contacto entre sólidos deformables es uno de los fenómenos más complejos en el ámbito de la mecánica computacional. La resolución de este problema requiere de algoritmos robustos para el tratamiento de no linealidades geométricas. El Método de Elementos Finitos (MEF) es uno de los más utilizados para el diseño de componentes mecánicos, incluyendo la solución de problemas de contacto. En este método el coste asociado al proceso de discretización (generación de malla) está directamente vinculado a la definición del contorno a modelar, lo cual dificulta la introducción en la simulación de superficies complejas, como las superficies NURBS, cada vez más utilizadas en el diseño de componentes.

Esta tesis está basada en el *Cartesian grid Finite Element Method* (cgFEM). En esta metodología, encuadrada en la categoría de métodos *Immersed Boundary*, se extiende el problema a un dominio de aproximación (cuyo mallado es sencillo de generar) que contiene al dominio de análisis completamente en su interior. Al desvincular la discretización de la definición del contorno del problema se reduce drásticamente el coste de generación de malla. Es por ello que el método cgFEM es una herramienta adecuada para la resolución de problemas en los que es necesario modificar la geometría múltiples veces, como el problema de optimización de forma o la simulación de desgaste.

El método cgFEM permite también crear de manera automática y eficiente modelos de Elementos Finitos a partir de imágenes médicas. La introducción de restricciones de contacto habilitaría la posibilidad de considerar los diferentes estados de integración implante-tejido en procesos de optimización personalizada de implantes.

Así, en esta tesis se desarrolla una formulación para resolver problemas de contacto 3D con el método cgFEM, considerando tanto modelos de contacto sin fricción como problemas con rozamiento de Coulomb. La ausencia de nodos en el contorno en cgFEM impide la aplicación de métodos tradicionales para imponer las restricciones de contacto, por lo que se ha desarrollado una formulación estabilizada que hace uso de un campo de tensiones recuperado para asegurar la estabilidad del método. Para

una mayor precisión de la solución, se ha introducido la definición analítica de las superficies en contacto en la formulación propuesta.

Además, se propone la mejora de la robustez de la metodología cgFEM en dos aspectos: el control del mal condicionamiento del problema numérico mediante un método estabilizado, y la mejora del campo de tensiones recuperado, utilizado en el proceso de estimación de error.

La metodología propuesta se ha validado a través de diversos ejemplos numéricos presentados en la tesis, mostrando el gran potencial de cgFEM en este tipo de problemas.