

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

El fallo por fatiga puede ser considerado como una de las causas más comunes de la ruina de componentes mecánicos. Se produce por la nucleación y posterior propagación de grietas en el material, al estar el componente sometido a carga variable con el tiempo. Este fenómeno se localiza usualmente en aquellas zonas donde las tensiones alcanzan valores más elevados que en el resto del componente. Una de estas zonas corresponde a la denominada genéricamente entalla y engloba a discontinuidades geométricas, como agujeros, ranuras, cambios de sección, huellas de mecanizado, cavidades, etc. Las entallas producen una concentración de tensiones capaz de provocar la aparición y la propagación prematura de grietas por fatiga, pudiendo ocasionar el fallo catastrófico del componente.

Es habitual encontrar componentes de máquinas con agujeros, cambios de sección, etc., por lo que se han realizados numerosas investigaciones y estudios para caracterizar el comportamiento a fatiga de estos elementos. El objetivo de todos ellos ha sido la determinación de la tensión cíclica máxima que puede soportar un componente entallado sin fracturarse, en función de las características geométricas de la entalla y del material.

La evidencia experimental ha puesto de manifiesto que es posible encontrar grietas en entallas sometidas a tensiones del orden, e incluso inferiores, del límite de fatiga del componente, sin que esta situación provoque el fallo del elemento. Se habla entonces de grietas no-propagantes. El límite de fatiga es entendido como la mínima tensión cíclica a la que las grietas nucleadas son capaces de propagarse a través del material, produciendo la ruina de éste, abandonándose la teoría del límite de fatiga como tensión por debajo de la cual no existen grietas en el componente. Este nuevo planteamiento obliga a conocer cuales son los factores que controlan el crecimiento de una grieta pequeña, desde su inicio en la base de la entalla hasta su propagación hasta el fallo.

La microestructura del material juega un papel importante en la etapa de microgrieta, la interacción de la grieta con las barreras microestructurales (bordes de grano, inclusiones, etc.), la orientación cristalográfica de los granos, etc., van a determinar el proceso de crecimiento de la grieta. Por consiguiente, no parece adecuado utilizar una

teoría macroscópica para caracterizar este comportamiento, el planteamiento de medio continuo y homogéneo no considera la microestructura como factor influyente en la etapa de grieta pequeña.

Tras numerosas investigaciones sobre la influencia de defectos y entallas pequeñas en la resistencia a la fatiga de materiales, se pueden resumir en cuatro puntos los hallazgos experimentales:

1. Existencia de entallas no dañinas: efectos menores de un tamaño crítico que no alteran el límite de fatiga del material.
2. Este tamaño crítico tiene una fuerte dependencia con la resistencia a la tracción del material.
3. Particularizando para un material, el tamaño crítico del defecto es generalmente menor que la longitud máxima de grieta no-propagante en el límite de fatiga de un espécimen libre de defectos.
4. Las grietas son siempre observadas en los bordes del agujero incluso a tensiones menores que el límite de fatiga del componente. Bajo niveles de tensiones menores o iguales que el límite de fatiga del espécimen entallado las grietas se propagan en una pequeña distancia y se paran.

El objetivo del presente proyecto es la caracterización del comportamiento a fatiga de componentes que contienen “entallas pequeñas”. Se entiende por entallas pequeñas aquellas cuya dimensión característica es del mismo orden de magnitud que la dimensión característica del material (ej. tamaño de grano). Ejemplos típicos de éstas son los defectos propios del material tales como porosidades, inclusiones, etc. y defectos artificiales como marcas de mecanizado, rayaduras superficiales, etc. Estos tipos de defecto aparecen con bastante frecuencia en los materiales de uso común en ingeniería, por lo que el conocimiento de su influencia en el comportamiento a fatiga del material (ej. el límite de fatiga convencional) tiene un gran interés en ingeniería.

El presente trabajo se centra en el estudio de los modelos que actualmente se emplean para evaluar la resistencia a fatiga de componentes con entallas pequeñas, analizando sus hipótesis prácticas, rango de aplicación y capacidades predictivas. Los modelos escogidos son los ya clásicos modelos de Murakami et al. y Lukas et al., así como un modelo micromecánico recientemente desarrollado en el Departamento de Ingeniería

Mecánica de la Universidad de Sevilla. Sobre la base de estos modelos se analizan un amplio conjunto de resultados experimentales, lo que ha servido para comparar las predicciones de dichos modelos con resultados reales de probetas con entallas pequeñas. Así mismo, ha permitido comparar los modelos entre sí a fin de conocer mejor cuales son los parámetros fundamentales que rigen el comportamiento a fatiga de los materiales conteniendo tales defectos. En particular, se han analizado un total de 44 probetas conteniendo entallas que varían desde los 10 μ m a los 2.5mm, de diferente geometría y distintos materiales (8 materiales diferentes), y sometidos a cargas variables de amplitud constante.

El proyecto consta de los siguientes capítulos:

El Capítulo 1 realiza una breve descripción de los conocimientos que se poseen sobre la fatiga en materiales metálicos y en componentes con entallas. Se exponen los conceptos de grieta pequeña, grieta grande, grietas no-propagantes, entallas no dañinas, etc. y otras consideraciones que serán usados en los capítulos posteriores.

En el Capítulo 2 se presentan los tres modelos analizados: Modelo de Lukas et al.[1, 2], Modelo de Murakami et al.[3, 4, 5, 6] y Modelo Micromecánico de C. Vallellano, A. Navarro y J. Domínguez [11, 12]. Se analizan las condiciones de carga, la geometría de las entallas y las hipótesis que han sido consideradas al realizar estos modelos, resultando determinantes a la hora de una correcta aplicación.

La comparación de los modelos se centra en aplicar cada modelo a un conjunto de ocho materiales, de los que se disponen datos experimentales de ensayos a fatiga, y calcular las desviaciones que se producen entre las predicciones y los datos reales. Se ha partido de los ensayos experimentales de Lukas et al., Murakami et al. y por último de los ensayos de DuQuesnay et al. El Capítulo 3 describe y discute cada uno de estos ensayos y la aplicación de los distintos modelos al conjunto de materiales.

El Capítulo 4 recoge la comparación de los modelos analizados y las conclusiones obtenidas por el presente estudio, junto a las investigaciones en curso para ampliar el conocimiento del comportamiento a fatiga de entallas pequeñas.