

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1.- ORIGEN.

Uno de los factores a tener más en cuenta en el diseño de una aeronave es la fatiga, progresivo deterioro de un componente estructural debido a cargas cíclicas que más tarde será tratado con detenimiento. El conocimiento del comportamiento a fatiga en materiales compuestos es muy limitado debido a la gran complejidad de su estructura interna, apreciable en una gran diversidad de modos de fallo y en la gran cantidad de parámetros que requieren para su caracterización en comparación con los materiales isótropos.

Realmente es en los compuestos de fibra de vidrio en aquellos que se han hecho mayores avances, siendo la información muy limitada para el caso que nos ocupa, que son los de fibra de Carbono, cuyo campo de aplicación fundamental ha sido la industria aeronáutica. Es recientemente cuando se les ha conferido un papel estructural, siendo a raíz de ello de gran importancia la caracterización a fatiga de éstos.

Desde el Grupo de Elasticidad y Resistencia de Materiales (G.E.R.M) se viene haciendo desde hace tiempo un notable esfuerzo en entender el comportamiento de los materiales compuestos fibrosos. Y siendo el conocimiento del fenómeno de fatiga fundamental para predecir cómo actuará un material durante su vida útil, se han ido realizando ensayos dinámicos sobre diversos tipos de composites en diferentes laminados.

El ensayo de caracterización a fatiga más básico es el de tracción-tracción longitudinal. En los especímenes ensayados todas las láminas de material compuesto estaban sometidas a valores de tracción, siempre oscilando entre un máximo y un mínimo. Este tipo de ensayos será el que mi compañero Roberto Durán se encargue de realizar con el material con refuerzo bidireccional con el que trabajaremos.

Otro ensayo de gran importancia también realizado previamente por el G.E.R.M fue el de flexión. Estos ensayos suponen una gran alternativa a aquellos que incluyen compresión, ya que no es preciso disponer de medidas que eviten los fenómenos de pandeo. Las dos configuraciones más empleadas en cuestión son las de flexión en tres y cuatro puntos. En trabajos recientes, como veremos más adelante, se propuso la de flexión en tres puntos con extremos empotrados como la más adecuada para la realización del ensayo. En este tipo de ensayos las láminas más externas estarán sometidas siempre a tracción y las más internas siempre a compresión.

A raíz de ensayos de flexión en tres puntos realizados en el L.E.R.M se observó que los daños para todos los niveles ensayados de carga se originaban en la zona de compresión, en la cara superior de la sección central de la probeta. Ésta era, por tanto, la más restrictiva y la que gobernaba el proceso de fatiga.

Obteniendo las tensiones máximas a partir de las cargas de flexión, se habían comparado las dos gráficas S-N, la correspondiente al caso de tracción-tracción y la obtenida

por el ensayo de flexión (compresión-compresión). Se observó que la configuración en flexión era más desfavorable en cuanto al comportamiento en fatiga. Este hecho está asociado a que la curva de compresión-compresión a la que está sometida la cara donde se produce el fallo se encontraba sometida a un ratio en tensiones $R=10$, mientras que en la de tracción-tracción era 0.1.

Por tanto, para disponer de información completa sería conveniente realizar ensayos bajo una configuración correspondiente a $R=-1$ (tracción-compresión). Habitualmente los resultados de esta configuración han mostrado que esta situación es la más desfavorable en cuanto a comportamiento en fatiga. Es este tipo de ensayo el que aún no se ha realizado en el L.E.R.M, y el que ocupará este Proyecto.

1.2.- OBJETIVOS.

El objetivo fundamental que se persigue con el presente proyecto es el desarrollo de ensayos de fatiga a flexión en Tracción-Compresión bajo diferentes condiciones para realizar el correspondiente estudio comparativo y caracterizar el tejido de material compuesto que nos fue facilitado.

En primer lugar habrá que fabricar el útil que permita la realización de las pruebas dinámicas que se desean llevar a cabo. Esto comprenderá varios pasos:

- Idear un montaje adecuado que permita la flexión del espécimen hacia ambos lados de su eje central durante el ensayo de fatiga, siendo el estado de tensiones longitudinales de las láminas de tracción y compresión alternativamente.

- Deducir la forma más apropiada de reproducir las dos condiciones en los extremos bajo las que se quieren realizar los ensayos: apoyo articulado y empotramiento.

- Diseñar con CATIA el útil para que el personal de laboratorio tenga una imagen más clara de lo que hay que construir, ya que su ayuda es indispensable en esta tarea.

- Fabricación de las diferentes piezas del útil e integración de ellas.

- Comprobación de que el nuevo útil funciona correctamente, realizando modificaciones en caso de que sea necesario.

A continuación se fabricarán las probetas rectangulares, con las dimensiones que se estimen óptimas según el orden de las cargas de ensayo que se desee, y teniendo en cuenta los valores que admite el útil entre otros factores.

Seguidamente se realizarán los ensayos estáticos sobre conjuntos de dos probetas para cada modalidad, hallándose las tensiones últimas medias. Porcentajes de estos valores serán los que se ensayarán a fatiga más adelante.

El modelo de vigas, empleado para obtener las tensiones a partir de las cargas últimas, deberá ser validado mediante respectivos modelos de elementos finitos y posteriores análisis que revelarán el estado tensional aproximado que tuvo lugar en los especímenes. Se analizará también el significado de las tensiones últimas obtenidas y se buscará explicación a la divergencia existente entre estos valores si los hubiere. Asimismo, con los hallados por mi compañero Roberto Durán en ensayos de tracción longitudinal.

Los ensayos dinámicos serán el siguiente paso. Se llevarán a cabo ensayos de fatiga en los dos casos de Tracción-Compresión bajo estudio y también el ensayo convencional de flexión en 3 puntos, correspondiente al caso de Compresión-Compresión.

Se obtendrán las rectas S-N de los tres casos ensayados, adimensionalizándolas y comparándolas entre sí. Se comprobará que las rectas con $R=-1$ son de pendiente más inclinada, y por tanto representan una situación más desfavorable a fatiga, que las de $R=10$. Asimismo se analizarán entre sí los dos casos de Tracción-Compresión, llegando a la conclusión de cuál de las dos rectas es más representativa.

1.3.- CONTENIDO DEL PROYECTO.

El presente proyecto posee una estructura dividida en 7 secciones que se fueron desarrollando a medida que se avanzaba en su realización. Ya en el apartado 1.1 hubo que remontarse al nacimiento del composite, explicando su evolución y progresiva importancia en la industria aeronáutica. Asimismo se introdujo el porqué de la importancia de estudiar a fatiga compuestos de fibra de Carbono, explicando cómo habían ido evolucionando los ensayos realizados por el L.E.R.M y cómo el estudio que actualmente se sugería permitiría completar la caracterización.

En la sección 2 se profundizará en todo lo que concierne al proyecto para comprender su esencia y sus pormenores. Se dedicará atención al material con el que aquí se trabaja y al tipo de ensayo que se va a realizar a través de un trabajo de investigación basado en anteriores estudios que se citarán en las referencias bibliográficas.

En la sección 3 se explicará el primero de los pasos indispensables para la ejecución de los experimentos: la construcción del útil necesario para llevar a cabo ensayos dinámicos que anteriormente no se habían llevado a cabo. Se partió del correspondiente diseño y, gracias a las recomendaciones y ayudas recibidas en el taller, se modificó el dispositivo existente para comenzar a hacer realidad lo que hasta entonces era una idea.

A continuación, en la sección 4, se narra todo lo relacionado con la fabricación de las probetas a partir de los rollos de prepreg suministrados por el fabricante. Hubo que hacer estos procesos en dos ocasiones, ya que hizo falta construir dos paneles para poder cumplir con los requisitos del proyecto.

Los ensayos se pusieron en marcha una vez estaba todo listo. Se realizaron previamente los estáticos para obtener las respectivas tensiones últimas de referencia de cada tipo de ensayo, y seguidamente los dinámicos a partir de porcentajes de éstas. Se comentarán las condiciones en que se realizaron los experimentos así como los resultados obtenidos, facilitando su descripción y comprensión con gráficas, tablas e imágenes. También se citarán diversos contratiempos surgidos y la forma en que se solventaron. Todo ello en la sección 5.

Seguidamente a la obtención de los resultados, se procede a su análisis en la sección 6. En el caso de los estáticos se crearán modelos de elementos finitos con las diferentes condiciones de ensayo, obteniendo del análisis unos estados tensionales resultantes con los que se buscará dar validez al modelo de vigas empleado para obtener las tensiones últimas de referencia. Con respecto a los dinámicos, se creará todo el conjunto de curvas S-N dimensionales y adimensionales, procediéndose a un estudio comparativo de éstas y dilucidando cuál es la más representativa.

Finalmente se establecerán las conclusiones más representativas del proyecto y serán sugeridas algunas ideas para futuros planteamientos que continúen por esta línea de estudio.

Esto será en la sección 7. En la sección 8 es donde aparecerán todas las referencias bibliográficas.