

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS

5.1.- Resumen y conclusiones:

Fabricación de las probetas

El objetivo principal de esa primera fase fue diseñar y optimizar un procedimiento de fabricación que permitiese la obtención de probetas con la configuración deseada. Por ello, se optó por usar el procedimiento de co-pegado frente al co-curado de las probetas porque desde un primer momento pareció un proceso más controlable.

Siguiendo el objetivo citado anteriormente se comenzó probando la configuración de curado A ya que era la más fácil de llevar a cabo. Pero se observaron resultados no admisibles. En concreto, el principal defecto encontrado fue que las probetas no quedaban totalmente planas por la parte inferior ya que la fibra de carbono del ala del rigidizador se embebió dentro del panel previamente curado.

Consecuentemente, se diseñó otra configuración de curado más compleja. Los principales cambios respecto a la anterior consistieron en el giro de los elementos de la bolsa de vacío y la presencia de tacos de fibra de carbono en el hueco entre la piel y el molde de acero de forma que se impidiese una posible curvatura de la piel por esta zona. Además también se añadieron tiras de fibra de carbono a modo de “roving” para evitar huecos en el centro de la pieza.

Como se observó que no aparecían defectos destacables siguiendo este procedimiento de fabricación, se optó por utilizarlo para la fabricación de todas las probetas utilizadas en este proyecto.

Tras la fabricación se procedió con el corte y resanado de las probetas con el fin de obtener las probetas con las dimensiones necesarias para el ensayo.

Preparación y desarrollo de los ensayos

En cuanto a la preparación del ensayo, en primer lugar fue necesaria la adaptación de la máquina de ensayo al ensayo de arrancamiento. Para ello, se diseñaron dos útiles de acero, uno para probetas tipo ALCAS y otro para probetas tipo GERM, que permitieron conseguir las condiciones de contorno adecuadas para este ensayo.

En segundo lugar, fue necesaria la preparación de las probetas. Para ello se partió de estudios realizados previamente en el departamento y se eligieron la posiciones de las bandas extensométricas con las que se iba a monitorizar el ensayo.

Además, también se pintaron de blanco el perfil de la probeta y la zona de unión de la piel con el rigidizador con el objetivo de obtener una mejor visualización de la propagación de la grieta en los ensayos.

Durante los ensayos, se recogieron la evolución de la carga y las medidas de las bandas extensométricas mediante un sistema de adquisición de datos. Además, en algunas probetas, se tomaron datos de la evolución de la grieta respecto a la carga.

El problema más importante encontrado en el ensayo fue el alineado de la probeta en el útil respecto al eje de carga debido a que las mordazas utilizadas sólo permitían el ajuste manual de la probeta y esto hizo que conseguir un alineado igual para todos los ensayos fuese difícil.

Análisis de resultados

Una vez realizados los ensayos se evaluaron los datos obtenidos de las bandas extensométricas, la evolución de la grieta y el aspecto de la zona de rotura encontrándose características similares dentro de cada tipo de probeta.

En concreto, se observó que el modo de propagación de la grieta es igual en todas las probetas ALCAS y en todas las probetas GERM. Hay que señalar que el modo de propagación de la grieta en las probetas ALCAS y GERM es totalmente diferente ya que en las probetas ALCAS se produjo un despegue por una de las alas del rigidizador mientras que en las probetas GERM el daño apareció por el centro de las probetas.

Respecto a este último caso, no ha sido posible determinar si el daño aparecido en el centro de las probetas estaba en la zona ocupada por el “roving” o si por el contrario, el daño se comenzó a producir en una de las capas interiores del rigidizador. En este último caso, se trataría de un fallo diferente al objeto de estudio de este proyecto; el “unfolding”.

El aspecto de la superficie de unión tras la rotura permitió identificar modos de fallo preferentes en cada probeta. En concreto, en las probetas ALCAS se obtuvieron dos modos de fallo: el adhesivo (el fallo se produjo por el adhesivo) y las delaminaciones (aparecen trozos de las capas superiores del rigidizador pegados a la piel). Estos fallos aparecieron en diferentes zonas de la superficie de rotura pudiéndose establecer diferentes zonas en la probeta.

En las probetas GERM se observaron también estos dos modos de fallo pero no fue posible distinguir tan claramente zonas en las que predominase un tipo de fallo frente al otro. También hay que señalar, que en estas probetas se pudieron apreciar más restos de “roving” en la superficie de rotura que en las probetas ALCAS.

Los registros de las bandas extensométricas se presentaron agrupados por probetas siendo similares entre cada subgrupo de probetas. En todos los ensayos, se aprecia simetría entre las medidas registradas por las bandas extensométricas en posición “back-to-back”.

Las bandas situadas en el alma del rigidizador se han utilizado como indicador de la alineación del ensayo. Además estas bandas han servido también para constatar la existencia de un problema en el centrado del “roving” durante el curado de este ya que se cree que durante el curado de las probetas, el “roving” se desplazó hacia uno de los lados del rigidizador cambiando la rigidez de uno de los lados del rigidizador y rompiendo la simetría de éste.

5.2.- Desarrollos futuros:

Algunos de los posibles campos de investigación para futuros desarrollos en la fabricación de las probetas serían:

- cambiar la técnica de aplicación del “roving” por una que garantice el correcto posicionamiento de éste en la probeta tras el curado.

- realizar variantes de la configuración B de curado eliminando el material de sacrificio que se añadió entre la piel y el molde por la zona donde no había rigidizador para comprobar el comportamiento de la pieza durante el curado.

- fabricar probetas según la técnica del co-curado de forma que se pudiesen comparar y evaluar las dos técnicas de fabricación.

- realizar inspecciones antes del ensayo de las probetas con el objetivo de localizar defectos en la fabricación y evaluar su influencia en los ensayos posteriores.

Respecto al ensayo de probetas, algunos campos de investigación serían:

- ensayar probetas con distintas secuencias de apilado y dimensiones y evaluar y comparar los resultados obtenidos con los presentados en este proyecto.

- grabar las probetas durante el ensayo con el objetivo de localizar la zona exacta de aparición del daño, especialmente en las probetas tipo GERM para poder identificar el tipo de fallo.

- estudiar más detalladamente la evolución de la grieta respecto a la carga.

- realizar los ensayos con un sistema de sujeción que garantice el total centrado de la probeta en el útil respecto al eje de carga y comparar los resultados obtenidos con los presentados en este proyecto.