

Metodologías experimentales para la evaluación de la resistencia a la fractura de laminados fibra-metal tipo GLARE.

Experimental methodologies for fracture toughness evaluation of GLARE fiber-metal laminates

E M Castrodeza¹, F L Bastian¹ and J E Perez-Ipiña²

¹ Laboratory of Fracture Mechanics, PEMM/COPPE, Federal University of Rio de Janeiro, PO Box 68505, 21941-972 Rio de Janeiro, RJ, Brazil

² Fracture Mechanics Group, National University of Comahue/CONICET, Buenos Aires Street 1400, Q8300IBX Neuquén, Argentina

E-mail: castrode@metalmat.ufrj.br

Resumen. Se desarrollaron Laminados de Fibra-Metal (FMLs) para aplicaciones aeronáuticas de la Universidad Técnica de Delft, Países Bajos. La principal característica de esta familia de materiales compuestos son sus muy bajas tasas de propagación de grietas por fatiga, en comparación con las aleaciones tradicionales de aluminio (Al) aeronáutico. Este singular comportamiento surge del puenteo mecanismo de la fibra, que restringe la apertura de la grieta en la parte del ciclo de la carga de fatiga, disminuyendo así la tasa de crecimiento de grietas bajo cargas cíclicas. Aunque estos laminados se desarrollan básicamente aprovechando el mecanismo de transición, también presentan varias ventajas sobre aleaciones monolíticas, es decir, alta resistencia específica y resistencia a la corrosión, caída de rayos, impacto y penetración de la llama. Laminados de aluminio con fibra de vidrio reforzado (GLARE) son reforzados por fibras continuas de vidrio S2 y se desarrollaron principalmente para aplicaciones primarias (fuselajes, mamparas, etc.). Laminados comerciales tipo GLARE son reforzados por fibras orientadas siguiendo las características de carga de la estructura y pueden ser fabricados como hojas delgadas de dimensiones o bien similares a las de las aleaciones de Al comerciales, o con dimensiones más grandes, incluyendo las formas de baja complejidad y los paneles de doble curvatura. La aplicación más importante de los laminados de tipo GLARE es como una gran parte de la parte superior del fuselaje del Airbus A380.

La aplicación en estructuras de los laminados GLARE exige un profundo conocimiento de un amplio conjunto de propiedades mecánicas, incluyendo su resistencia a la fractura monótona. Tradicionalmente, los ensayos de fractura monótonos son realizados en grandes y costoso agrietado central de paneles (M(t)). Una metodología de prueba para evaluar la resistencia a la fractura de FMLs basados en la mecánica de fractura elástico-plástico (J-Integral y CTOD δ_5) usando pequeños C (T) y especímenes SE (B) fue propuesto. El uso de pequeños especímenes de prueba presenta algunas ventajas, que incluyen un menor costo del material y la posibilidad de realizar la prueba dentro de cámaras ambientales normales. El objetivo fundamental es la introducción de una metodología desarrollada y su aplicación a los laminados unidireccionales y bidireccionales GLARE, así como la comparación de resultados con el M(T) tradicional (agrietado central de paneles) y pequeños especímenes de C(T) (tensión compacta).

Abstract. Fiber-Metal Laminates (FMLs) were developed for aeronautical applications at the Technical University of Delft, Netherlands. The main characteristic of this family of composite materials is their very low fatigue crack propagation rates, when compared to traditional aeronautical Al alloys. This singular behavior arises from the fiber-bridging mechanism, which restricts the opening of the crack in the loading part of the fatigue cycle, thus diminishing the crack growth rate under cyclic loading. Although these laminates were basically developed taking advantage of the bridging mechanism, they also present several benefits over monolithic alloys, i.e. higher specific strength and resistance to corrosion, lightning strikes, impact, and flame penetration. Glass-Fiber-Reinforced Aluminum (GLARE) laminates are reinforced by continuous S2 glass fibers and were developed mainly for primary applications (fuselages, bulkheads, etc.). Commercial GLARE laminates are reinforced by fibers oriented following the loading characteristics of the structure and can be manufactured as thin sheets of dimensions either similar to those of the commercial Al alloys, or with larger dimensions, including low complexity shapes and double curvature panels. The most important application of GLARE laminates is as large parts of the upper fuselage of the Airbus A380.

The application of GLARE laminates to structures demands a deep knowledge of a wide set of mechanical properties, including their monotonic fracture toughness. Traditionally, monotonic fracture tests are performed on large and expensive center cracked (M(T)) panels. A testing methodology to evaluate the fracture toughness of FMLs based on elastic-plastic fracture mechanics (J-Integral and CTOD δ_5) and using small C(T) and SE(B) specimens was proposed. The use of small tests specimens presents some advantages, which include lower material cost and the possibility of testing inside normal environmental chambers. The objective of the keynote is to introduce the developed methodology and its application to unidirectional and bidirectional GLARE laminates, as well as compare results from traditional M(T) (center cracked panels) and small C(T) (compact tension) specimens.