



OPTIMIZACIÓN DE SECUENCIA DE LAMINADO DE MATERIALES COMPUESTOS PARA RECIPIENTES A PRESIÓN TIPO V PARA LA INDUSTRIA AEROSPAZIAL

Diego López, Exequiel Rodríguez y Juan Morán*

Área de Materiales Compuestos, INTEMA (Conicet-Universidad Nacional de Mar del Plata), Mar del Plata, Argentina

**Correo Electrónico: jmoran@fi.mdp.edu.ar*

RESUMEN

En la industria aeroespacial cada componente debe tener el mínimo peso posible, además de ser capaz de cumplir las funciones estructurales para las que fue diseñado. Este es el caso de los tanques ultralivianos basados 100% en materiales compuestos reforzados con fibras de carbono (denominados tipo V o linerless), que se emplean para contener gases presurizantes en vehículos lanzadores. Una vez seleccionado el material, es necesario optimizar la secuencia de laminado con el fin de maximizar las propiedades mecánicas del componente al tiempo que se reduce al mínimo el número de capas. El universo de búsqueda se vuelve prácticamente infinito si se tiene en cuenta que la variable principal (orientación) resulta prácticamente continua producto de la técnica empleada para la fabricación (Filament Winding). El número de capas suele ubicarse en unas pocas decenas, por lo que la cantidad de combinaciones asciende exponencialmente ($\approx 90N$), considerando un laminado simétrico y balanceado. El diseño utilizando programas de elementos finitos (secuencias de laminado fijas) se vuelve impracticable, ya que consume excesivo tiempo y recursos computacionales [1]. Es por este motivo que se propone la utilización de un algoritmo híbrido que se vale de técnicas evolutivas (Algoritmos Genéticos - GA) para la resolución del problema de optimización multiobjetivo planteado [2] sobre un modelo simplificado siguiendo la Teoría Clásica de Laminados [3]. Las distintas restricciones de fabricación y diseño [4] se incorporan en la etapa de evaluación de la función de Fitness mediante distintos tipos de penalización. A continuación, un subconjunto de las soluciones óptimas encontradas (frente de Pareto) es evaluado en mayor detalle por el método de elementos finitos (FEA), verificando la capacidad del material diseñado de soportar las cargas de trabajo.

ABSTRACT

In the aerospace industry each component must have the minimum possible weight, besides being able to meet the structural requirements for which it was designed. This is the case of 100% composite based ultralight tanks (called linerless or type V), used to contain pressurizing gases in launch vehicles. Once the material is selected, the ply stacking sequence needs to be optimized in order to maximize the mechanical properties of the component while minimizing the number of layers. The search space becomes practically infinite if one takes into account that the main variable (orientation) is practically continuous for the particular manufacturing technique used (Filament Winding). The number of layers is usually located in a few tens, so the number of combinations rises exponentially ($\approx 90N$), considering a symmetrical and balanced laminate. The design using finite element programs (fixed ply-stack sequences) becomes impractical, as it consumes too much time and computational resources [1]. This is the reason why a hybrid algorithm based on evolutionary techniques (Genetic Algorithms - GA) is proposed to solve the problem of multi-objective optimization [2]. The GA algorithm is applied to a simplified model following the Classical Laminate Theory [3]. The various design and manufacturing constraints [4] are incorporated in the evaluation stage of the GA Fitness function as penalty-based constraints. Then a subset of the optimum solutions (Pareto front) is

evaluated in more detail by the finite element method (FEA), verifying the ability of the designed composite material to withstand workloads within specified ranges.

REFERENCIAS

1. Chen, S., Lin, Z., A, H., Huang, H., & Kong, C. (2013). Stacking sequence optimization with genetic algorithm using a two-level approximation. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 48(4), 795–805. doi:10.1007/s00158-013-0927-4
2. Venkataraman S, Haftka RT (1999) Optimization of composite panels—a review. In: 14th annual technical conference of the American society of composites, Dayton, OH, 27–29, pp 479–488
3. Peters, S. T. (Ed.). (1998). *Handbook of Composites*. Springer US.
4. Gürdal, Z., Haftka, R. T., & Hajela, P. (1999). *Design and Optimization of Laminated Composite Materials*. Wiley.

TÓPICO DEL CONGRESO O SIMPOSIO: *S02*

PRESENTACIÓN (ORAL O PÓSTER): *O (oral)*