

Progetto e validazione sperimentale di un albero innovativo in composito

Parte I

Design, Analysis and Testing of a New Composite Sailing Mast

Part I

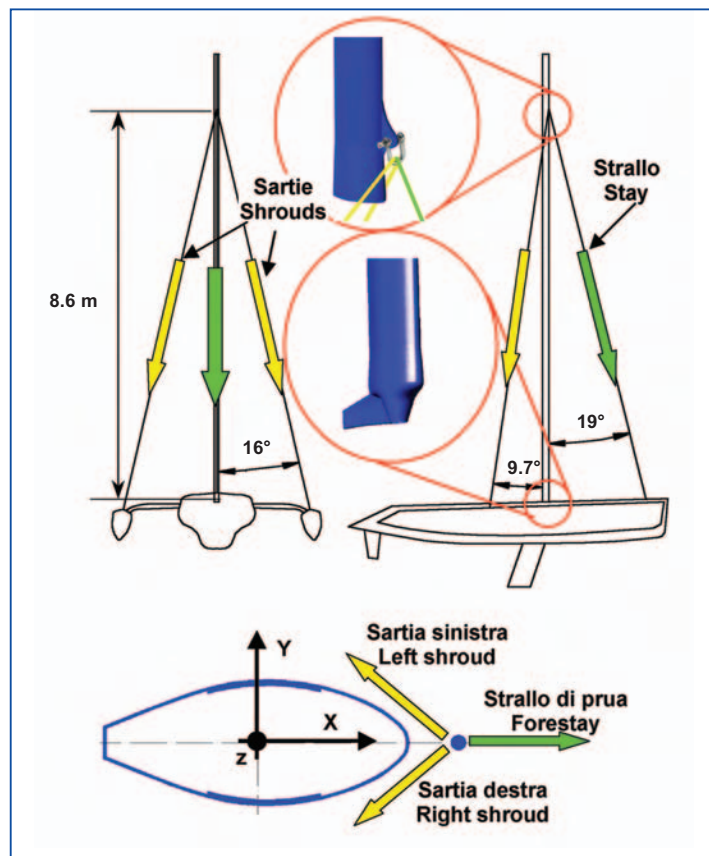
Giuseppe Bottacin (Exit Engineering), Giovanni Meneghetti, Marino Quaresimin, Alfredo Zordan (Università di Padova)

Introduzione

L'utilizzo di materiali compositi avanzati rappresenta la soluzione ideale per la realizzazione dell'albero di un'imbarcazione a vela, per le elevatissime caratteristiche di resistenza e rigidità specifica che i compositi forniscono, ma soprattutto per la loro anisotropia in grado di riproporre, migliorandolo, il principale vantaggio dei tradizionali alberi in legno. Come verrà discusso nel seguito, nonostante la complessità apparente dell'armo di un'imbarcazione a vela, il carico prevalente agente sull'albero è rappresentato da una compressione assiale dovuta al tiro di sartie, stralli e drizze; risultano quindi chiari i notevoli vantaggi derivanti dalla possibilità di realizzare una struttura a comportamento anisotropo. Questo tipo di approccio non è praticabile per gli alberi in lega leggera di alluminio, per effetto dell'isotropia della lega stessa; questo porta alla realizzazione di componenti che frequentemente risultano non ottimizzati, con particolare riferimento al loro peso.

L'utilizzo dei compositi presenta tuttavia alcuni svantaggi e complicazioni operative. Dal punto di vista progettuale, la carenza di metodologie di calcolo consolidate e di dati affidabili sulle caratteristiche elastiche e di resistenza dei materiali impiegati comporta spesso l'adozione di coefficienti di sicurezza elevati, penalizzando la leggerezza dell'albero. Dal punto di vista del processo, per ottenere prodotti qualitativamente adeguati è neces-

[Fig. 1] - Schema di applicazione all'albero dei carichi principali / Schematic of the main loads applied to the mast



sario l'utilizzo di tessuti e tape preimpregnati e un ciclo di cura in autoclave a pressioni e temperature adeguate, con gli evidenti problemi pratici legati alla realizzazione di alberi monolitici con lunghezze che possono arrivare ben oltre i 40 metri.

Per ovviare ai costi proibitivi di acquisto di un'autoclave di dimensioni elevate, alcuni costruttori effettuano il ciclo di cura sottoponendo gli alberi ad un solo ciclo termico, ottenendo però prodotti con prestazioni strutturali limitate. Un'altra soluzione talvolta utilizzata è la fabbricazione dell'albero in tronconi separati, ciascuno in

The same approach does not hold true for aluminum masts, due to the isotropic behaviour of the alloy itself.

Then, generally speaking, the strength- and stiffness-to-weight ratios cannot be optimised in the latter case.

Nevertheless, the use of composites has some disadvantages and operational difficulties. First, starting from the design point of view, lack of reliable data on material properties and calculation procedures often leads to adopt higher safety factors and then to oversize the masts. Secondly, from the processing point of view, in order to produce high quality structures, it is necessary to use prepreg fabrics and tapes with autoclave curing cycle at high pressure and temperature; then practical problems arise considering that the mast length can reach 40 meters or even more.

In order to avoid the huge acquisition costs of a very long autoclave, many builders apply only a thermal cycle without an external pressure to cure their masts, thus limiting the structural performances of their products. Sometimes the mast is built in different parts, each of one can be cured separately in a relatively small autoclave. In this case, the single parts are joined by bonding joining rings to the external or internal surfaces of the mast, often held in place by rivets.

Anyway, this kind of joint is far from an optimal solution. In fact it is difficult to obtain a uniform adhesive thickness and the rivet holes can decrease the

Introduction

Advanced composite materials represent the best solution for sailboat mast manufacturing, due to their excellent specific strength and stiffness performances, but even more because of their anisotropy, which highly enhances the main advantage of old wooden masts.

Regardless of the apparent complexity of a sailboat rig, the main load acting on the mast is an axial compression due to stay, shroud and halyard tension. Therefore the mast design can be optimised by taking advantage of the anisotropic behaviour of the composites.