

costose e di grandi dimensioni.

La nuova soluzione risulta molto efficace pur nella sua semplicità: si è pensato di realizzare per ciascuno dei tronconi un'estremità tronco-conica a bassa conicità, maschio da un lato e femmina dall'altro, secondo lo schema riportato in [Fig. 3]. La realizzazione dell'albero prevede la deposizione di adesivo strutturale sulle zone di collegamento all'estremità dei tronconi, l'assemblaggio del numero di tronconi necessario per raggiungere la lunghezza desiderata, l'applicazione di un carico di compressione parallelo all'asse longitudinale dell'albero stesso e la realizzazione del ciclo di cura dell'adesivo mediante termocoperte oppure, più semplicemente ma con minori prestazioni dell'adesivo, a temperatura ambiente.

Il carico di compressione si può applicare facilmente mediante un cavo con terminali filettati passante all'interno dell'albero e due piastre di fissaggio all'estremità dell'albero stesso.

Per effetto della conicità delle estremità dei tronconi, il carico di compressione consente di realizzare un ottimo allineamento dell'albero completo facendo uso di semplici cavalletti per il premontaggio. Rispetto alla soluzione con collari interni o esterni, la conicità delle superfici d'accoppiamento consente inoltre la realizzazione di giunzioni di qualità notevolmente superiore: induce infatti una pressione uniforme e facilmente controllabile sulle superfici di incollaggio migliorando il processo di cura dell'adesivo e garantisce spessori di adesivo uniformi su tutta la superficie della giunzione.

Oltre a queste semplificazioni costruttive, la soluzione proposta consente di avere dei diaframmi trasversali alla sommità di ciascun troncone, associati ad un raddoppio di spessore locale del laminato, che stabilizzano localmente la sezione, fornendo dei rinforzi utili al posizionamento delle

crocette. È anche possibile scegliere la lunghezza dei tronconi in modo da far coincidere la posizione dei rinforzi con quella della penna della randa terzarolata. Il vantaggio di questa possibile scelta è comunque difficilmente quantificabile.

Un ulteriore importante vantaggio della soluzione proposta è la facilità di trasporto: grazie al semplice sistema di collegamento è infatti possibile trasportare i soli tronconi e realizzare l'assemblaggio dell'albero direttamente in prossimità dell'imbarcazione sulla quale va installato, abbattendo drasticamente i costi di trasporto, elevatissimi nel caso di un albero monolitico di grandi dimensioni.

### Realizzazione del prototipo

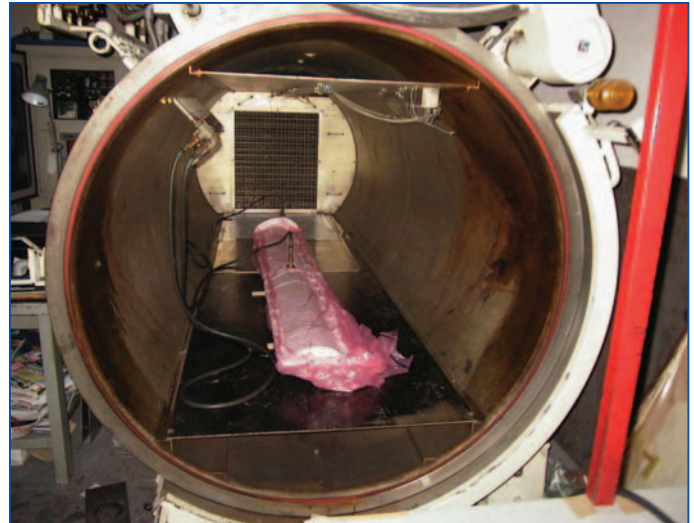
I tronconi dell'albero sono stati realizzati mediante tecniche standard nella produzione di manufatti in materiale composito in autoclave. È stato quindi necessario realizzare una coppia di master, fresati a controllo numerico, [Fig. 4] sui quali sono stati laminati gli stampi femmina. Per contenere i costi del prototipo, in alternativa ai costosi preimpregnati carbonio/epossidica, si è deciso di utilizzare preimpregnati vetro/epossidica, con i quali è stata realizzata anche la coppia di stampi [Fig. 5]. Separatamente sono stati realizzati, con la medesima tecnologia, i master e gli stampi per la base dell'albero, che comprende un innesto semisferico in nylon e un braccio di controllo per la rotazione dell'albero, compatibile con i progetti del trimarano Farrier F-82R.

Per la realizzazione dei due tronconi utilizzati per la sperimentazione sono stati laminati 8 strati di preimpregnato sui due semistampi femmina: due strati esterni in tessuto [0°] e i rimanenti 6 strati centrali in unidirezionale [0°]. Non essendo necessaria per il prototipo una particolare resistenza torsionale, non sono stati utilizzati strati esterni [±45]. Su

posed technology allows the presence of crosswise walls, coupled to a doubling of the local laminate thickness, which locally stabilizes the mast walls and supply useful reinforcements to support the spread-

[Fig. 5]. In the same way masters and molds for the mast base were built, which includes the nylon spherical joint and the mast rotation control arm, compatible with the drawings of the Farrier F-82R tri-

[Fig. 6] - Cottura di un troncone di albero in autoclave / Autoclave curing of a mast segment



ers. It is also possible to choose the segments length in such a way that the top of the reefed mainsail comes right on the position of the reinforcements, even if the advantage of this choice is difficult to be determined.

A further important advantage of the proposed solution is the easiness of transportation: due to the simple joining method, it is possible to ship the separate segments and do the assembly close to the boat to be rigged, dramatically reducing the transportation costs, which are very high for a big sailboat mast.

### Prototype manufacturing

The mast segments were manufactured according to standard composite structure production techniques. Therefore, a couple of NC machined master models were built [Fig. 4], upon whose the female molds were laminated. In order to limit the prototype cost, glass/epoxy prepregs were used instead of the more expensive carbon/epoxy.

Glass/epoxy prepregs were used to build also the molds

The manufacturing of the two segments used for the experiment was as follows. Eight autoclave grade prepreg plies were laminated on the two female half molds. Since there were no requirements for torsional strength, for which +45° plies are normally used, the two outermost plies were 0/90° fabric and the six inside plies were unidirectional.

The only special caution was to keep a protruding edge for the overlap of the outer layer on one half mold, trimming the remaining seven layers. On the other half mold the overlapping edge was kept on the inner layer. All the unidirectional layers were trimmed to the mold edges, since unidirectional fibers do not need any crosswise overlap.

The choice of keeping separate overlaps for the outermost layers of fabric slightly complicated the mold assembling, but it was the most rational choice from the structural point of view, since it ensures the structural continuity of all the crosswise fibers. Before closing the molds, the inner vacuum bag was inserted, with its release film and breather.