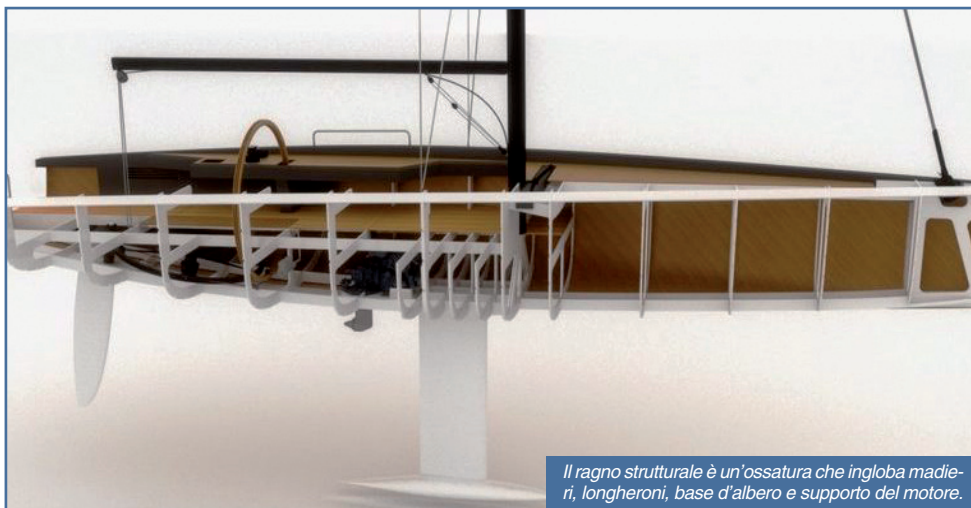




Il ragno strutturale è un'ossatura che ingloba madieri, longheroni, base d'albero e supporto del motore.

MATERIALI, PINNE E CRICCHE

di SACHA GIANNINI

Le sollecitazioni che subisce una barca in navigazione, unite a quantitativi inadeguati di fibre e resine può generare delaminazioni che occorre individuare per tempo

Nell'acquisto di una imbarcazione a vela ognuno rimane affascinato da aspetti diversi. Sicuramente per molti è importante l'estetica insieme al numero di cabine e di bagni "pro-capite". Poi, tra i desiderata più comuni prevalgono la leggerezza complessiva e soprattutto la larghezza e l'abitabilità del pozzetto. Tutto ciò ha portato gli scafi a diventare veri e propri triangoli con baglio massimo arretrato a poppa e zavorre con bulbo sempre più in basso per incrementare il momento raddrizzante.

La struttura delle barche ha dovuto così adattarsi a questo cambiamento di filosofia a partire dall'impiego di materiali sempre più performanti con spessori spesso ridotti. Vediamoli

Materiali di scafo e fasciame. Come in uno spot pubblicitario

rimaniamo spesso affascinati da particolari fibre dai nomi esotici come *kevlar powered*, *aramat engineered* o *carbonium equipped*. È bene chiarire che non si tratta di strutture monolitiche in questo o quel materiale, ma solo degli ultimi 2 o 3 strati esterni. Il resto rimane poliestere, vinile-

stere e filamenti di vetro.

Le sigle utilizzate per indicare il materiale fibrorinforzato o più semplicemente il nostro scafo monolitico sono diverse, Frp (Fiber Reinforced Polymers), Gfrp (glass fiber-reinforced plastic), Grp (glass reinforced polyester), Vtr (vetroresina), Prfv (plastica



Fig. 1 - I controstampi sono prefabbricati e incollati con resine. Sono detti integrali e semintegrali a seconda che lascino o meno accesso ai prigionieri della deriva.

rinforzata con fibre di vetro), Gfk (Glasfaserverstärkter Kunststoff), tutte però sono traducibili in *vetroresina*, ovvero un materiale composito costituito da fibre, principalmente *E-glass* (60-70 per cento del volume totale), annegate in una resina, spesso la poliestere orto o la più performante isoftalica (30-40 per cento del volume totale). In alcuni casi si usa la resina vinilestere, in altri (per lo più con fibre di carbonio e aramidiche) la potente epossidica.

La matrice che trasferisce le sollecitazioni alle fibre è di caratteristiche meccaniche inferiori e in qualche modo “diluisce e indebolisce” le proprietà assolute del composito. Una fibra vergine di *E-glass*, per esempio, ha valori di resistenze a rottura a trazione elevatissimi di circa 22.000 chilogrammi per centimetro quadrato rispetto al “composto” Prfv lavorato e addensato con poliestere che ha un carico di rottura di circa 1.200 chilogrammi per centimetro quadrato.

La grandezza fisica che meglio esprime e caratterizza i materiali usati nella costruzione di scafi in vetroresina è il *modulo di elasticità* (o di *Young*). Si tratta del rapporto tra la tensione a cui il materiale viene sottoposto e il suo conseguente allungamento; in sintesi esprime quanto si deforma un materiale quando è sottoposto a forze meccaniche.

Il *modulo di elasticità* (E) insieme al *peso specifico* (kg/mc) e al carico di *rottura a trazione* (kg/cm²) sono i parametri di base da cui si sviluppa un progetto equilibrato tra resistenze, pesi e rigidità.

Come si accennava uno scafo in poliestere con fibra di vetro (Prfv) ha un carico di rottura variabile tra 1.000 e 1.300 chilogrammi per centimetro quadrato, un peso specifico di circa

1.500 chilogrammi per metro cubo e un modulo di elasticità di circa 70.000 N/mm² (Newton su millimetro quadrato).

Uno scafo in kevlar tipo 49 (fibra aramidica con resine vinilestere o epossidiche) ha un carico di rottura intorno ai 30.000 chilogrammi per centimetro quadrato, un peso specifico di circa 1.400 chilogrammi per metro cubo e un modulo di elasticità di circa 125.000 N/mm².

Prfv e kevlar hanno dunque peso quasi simile, ma la resistenza a trazione del kevlar è 30 volte superiore, con un modulo di elasticità estremamente elevato rispetto alla comune vetroresina e quindi particolarmente rigido e indeformabile. Il kevlar ha però il grande limite della resistenza alla compressione che raggiunge appena il 20 per cento dei valori a trazione. In soldoni offre ottima resistenza all’impatto e scarso allungamento. È, come il carbonio, un materiale strepitoso, ma solo se utilizzato con criterio, ovvero considerando che può giungere a rottura senza apprezzabili preavvisi. Il loro limite è quindi nella rigidità, nella mancanza di deformazione.

Di contro la vetroresina offre valori di resistenza inferiori, ma con la pregevole caratteristica di raggiungere deformazioni visibili prima di rompersi, “avvisando” quindi elasticamente del rischio di rottura e di una imminente deformazione irreversibile. I materiali più elastici e quindi più “spessi” trovano risorse e riserve nei loro carichi di rottura perché conservano sempre una scorta di deformazione apprezzabile. Materiali più rigidi con spessori molto bassi, una volta raggiunto il loro carico di rottura si rompono.

Una volta la vetroresina veniva stesa a rullo: con tempi e temperature più o meno a occhio e senza studiare il processo in mo-

do ingegneristico, si otteneva il risultato sovradimensionando tutto, specialmente con la più economica e usata poliestere ortoftalica. La struttura della barca era poi continua, comprensiva dello specchio di poppa che “chiudeva” e assorbiva torsioni e carichi notevoli.

Oggi ci sono resine migliori, tabelle di laminazione più precise, tecniche di infusione e operatori più esperti. Le fibre composite e le tecnologie sottovuoto e di infusione, poi, permettono di realizzare gusci veramente resistenti e leggeri (paragonati alla tradizionale vetroresina) e in caso di urto, la forza di inerzia derivante è comunque molto inferiore. Da spessori di 45-50 millimetri sul fondo dello scafo dove un tempo una martellata ti rimbalzava nei denti oggi troviamo anche solo 18-25 millimetri in carbonio o kevlar.

L’errore dunque non è tanto nell’impiego di questo o quel materiale, quanto nel togliere spessore dove non sarebbe possibile farlo. È ciò che accade quando alcuni cantieri varano barche da crociera più leggere (togliendo quindi peso) adottando come giunzione sempre il Prfv. Non è raro che dopo poco tempo siffatti scafi presentino delaminazioni, controstampi scollati o cricche da stress, soprattutto nel punto di giunzione tra chiglia e pinna di deriva che vanno individuate e valutate per tempo.

Strutture interne e rinforzi.

Nelle barche moderne con chiglia appesa e imbullonata, la zona del fasciame attorno al profilo superiore della pinna di deriva, rappresenta il punto più delicato di tutto lo scafo. L’accoppiamento scafo-deriva è una zona fondamentale, come l’attacco delle lande, la base dell’albero insieme a tutto quel misterioso groviglio di orditure strutturali di irrigidimento all’interno



Fig. 2 - Una cricca nel punto di giunzione tra chiglia e deriva in ghisa ha generato una vistosa crepa (A). In alto, una piastra dei prigionieri con dadi ossidati (B).

delle nostre sentine. La normativa di riferimento sul dimensionamento del fondo dello scafo e della pinna è la CE – Iso 12215-9 del 2018.

Scheletro, ragno strutturale e controstampi. La soluzione più usata nelle barche con deriva imbullonata è quella di posizionare sul fondo strutture collegate tra loro, ovvero madieri, correnti longitudinali, ordinate e serrette, per diffondere gli sforzi concentrati provenienti dalla deriva, dall'albero e dalle lande e per irrigidire il fondo in vetroresina.

Abbiamo a che fare con travi metalliche, nervature scatolari in composito con anime in espanso e pvc o, come nel recente passato, in legno resinato. Il tutto posato in opera e laminato manualmente sulla pelle interna, oppure prefabbricato, controstampato e in seguito incollato con resine caricate e (non sempre) fazzolettate allo scafo.

I controstampi possono essere di due tipi: *integrali* e *semintegrali*. I primi includono anche il fondo della sentina che risulterà così non ispezionabile; i secondi, invece, sono bucati nella parte bassa tra un madiere e l'altro la-

sciando i perni e dadi a vista e favorendo una maggiore stratificazione di collegamento allo scafo.

Questo ragno strutturale (figura 3), sempre più collaudato e di serie nella produzione, è quindi un'ossatura che ingloba madieri e longheroni, la base d'albero, il supporto del motore; a volte la struttura di aggancio delle lande nonché la base del mobilio. Viene di norma laminato manualmente sopra un unico stampo femmina, evitando così interruzioni di tessuti, con rinforzi in



Fig. 3 - I ragni strutturali diffondono gli sforzi provenienti dalla deriva.

tutti i madieri e longitudinali. Quindi viene incollato e laminato a scafo creando una struttura scatolata monolitica. I madieri (trasversali) e le costole (ordinate) del fianco, su cui spesso insistono le lande delle sartie, sono rinforzati e collegati strutturalmente "da falchetta a falchetta" passando per la chiglia.

Pinna di deriva e bulbo. Uno scafo in Prfv ha come abbiamo visto una capacità elastica a deformarsi reversibilmente; di contro la lama di deriva a questo collegata (ghisa o piombo) è rigida. L'accoppiamento non è tra i più rassicuranti tanto da essere all'origine della gran parte delle deformazioni strutturali di una imbarcazione a vela. Una volta si raccordavano e bloccavano le pinne allo scafo, sia in senso trasversale che longitudinale; erano le cosiddette "chiglie stellate". Oggi non si "accompagna" il guscio alla lama, che piuttosto esce dritta, profonda e sottile. Il fasciame inferiore dello scafo nella sua elasticità flette, si insella, si torce e reagisce dinamicamente alle spinte e carichi, ma la superficie superiore della deriva rimane rigida senza adattarsi al sistema elastico a cui è stata integrata.

Chiglie lunghe strutturali, con pinna trapezoidale imbullonata, lame con siluri e bulbi, in ghisa sferoidale (ferritica o austenitica) con perni avvitati e filettati, in piombo "indurito" con antimonio e prigionieri annegati o con collari di controchiglia in vetroresina integrati a scafo, devono essere ben noti per ricono-



Fig. 4 - Alcune chiglie vengono sagomate e integrate al recesso della ghiotta della sentina. Un punto nevralgico in caso di urti, all'origine di possibili infiltrazioni.

scere come interpretare i segni che nascondono un potenziale problema.

Controlli. Fessure e distacchi tra chiglia e scafo, specialmente all'estremità anteriore, possono essere fisiologiche come anche un serio segnale di cedimento della giunzione. Controllare con lo scafo sollevato sulle fasce lo spazio del distacco. Provare a scuotere la pinna: se oscilla il problema è grave perché denuncia un cedimento dei fori dei prigionieri in seguito al movimento della zavorra che non aderisce più bene allo scafo sotto sforzo.

Se non c'è oscillazione, una volta poggiato lo scafo sull'invaso controllare nuovamente la frattura e vedere se rimane aperta o aderisce alla chiglia. Nel primo caso si tratta con ogni probabilità di un fattore trascurabile. Spesso vi si può porre rimedio con un "giro" di adesivo sika flex. Se invece poggiando il peso a terra la fessura aderisce tra le due facce, il distacco potrebbe avere origini più interne o lo scafo essere particolarmente elastico in quella zona per una delaminazione.

Macchie di bagnato che non si asciugano ed eventuali colature marroni di ruggine lungo il bor-

do d'attacco, potrebbero denunciare un'infiltrazione (figura 2A) trascurabile nelle derive in ghisa, metallo che produce naturalmente ruggine. La pinna va pulita, carteggiata (meglio sabbiata) e trattata con protettivi primer adatti per rallentare il processo di ossidazione.

Denunciano invece problemi strutturali le colature di ruggine nelle derive in piombo dove a essere compromessi saranno con ogni probabilità i perni di giunzione in acciaio inox.

Se si riscontra presenza di acqua salata in sentina è bene accertarsi che la causa non sia nel cedimento della pinna. In presenza di ruggine vanno spazzolate e puliti bulloni, dadi, rondelle e piastre ossidate (figura 2B) al fine di valutare che si tratti solo di uno strato superficiale. Se il metallo si sfoglia e sgretola a scaglie con una colorazione nero scura il problema è grave e occorre intervenire immediatamente.

Le piastre dei prigionieri si possono presentare corrose in corrispondenza del perno anche a causa di un processo di foratura realizzato in modo inappropriato, senza emulsione oleosa di raffreddamento che rende la superficie circostante ossidabi-

le. È raccomandabile in ogni caso che tutti i componenti di questo sistema di giunzione siano dello stesso materiale dei perni per evitare eventuali corrosioni da contatto.

Rondelle sotto i dadi di fissaggio affossate sul fasciame con crepe concentriche sul gelcoat, indicano una plasticità del fondo non più reversibile e non un tipico ritiro elastico volumetrico della resina dopo la catalizzazione.

Incappellaggi in vetroresina o in gelcoat sulla testa di perni e dadi sono una garanzia di tenuta negli anni, ma ne nascondono lo stato di conservazione. Verificare che non presentino crepe che potrebbero dar luogo a infiltrazioni.

Accertarsi anche che il fasciame non presenti flessioni o avvallamenti anomali verso poppa (segno di un urto) né crepe o dossi. All'interno i paglioli devono essere ben allineati e comparsi tra loro e le porte devono potersi chiudere bene. Se così non fosse, specialmente con osatura controstampata, è consigliabile un'ispezione più approfondita.

Alcune chiglie vengono sagomate e integrate nel recesso dedicato alla ghiotta di raccolta dell'acqua di sentina all'interno dello scafo (figura 4). Anche questo può essere all'origine di possibili infiltrazioni attraverso piccole cricche in seguito a urti o incagli.

In conclusione un trafilaggio di acqua, anche rugginosa, dai bordi dell'attacco pinna-scafo, la presenza di fratture e distacchi lungo i perimetri dell'incollaggio del controstampo, eventuali crepe sui madieri e longitudinali e i perni-prigionieri fortemente ossidati, sono chiari sintomi di stress o cedimenti strutturali che non possono essere ignorati. ■