

## Materiali d'anima in schiuma nell'industria nautica.

Di Trevor Gundberg, ingegnere dei materiali compositi presso la DIAB Inc.

Fonte: <http://boatdesign.net/articles/foam-core/index.htm>

Per oltre 60 anni, le anime in schiuma sono state utilizzate nella nautica per rendere più resistente, rigido e leggero qualsiasi tipo di scafo, dal fondo alla coperta.

Ma cos'è esattamente un anima in schiuma? Quale tipo devo utilizzare e dove posso utilizzarlo? Posso utilizzarlo al posto del compensato e della balsa?

Nell'apparentemente sconfinata varietà di materiali d'anima sul mercato, potrebbe risultare frustrante per gli entusiasti della nautica trovare la schiuma giusta per le proprie particolari applicazioni. Questo articolo cercherà di informare i costruttori di barche circa le proprietà e le corrette procedure di lavorazione contemplate nella costruzione in sandwich di laminati con anima in schiuma.

### La storia

La prima schiuma formulata specificamente per l'ambiente marino è stata una miscela di poly vinyl chloride (PVC) e isocianato (chiamata semplicemente schiuma PVC) creata in Germania dal dott. Lindemann tra gli anni '30 e '40. Corre voce che questa prima versione della schiuma di PVC fosse utilizzata nelle E-boats tedesche ed anche nella nave da guerra Bismarck. Dopo la seconda Guerra Mondiale, la Francia acquisì la formula come parte dell'indennizzo dei danni di guerra. Da allora, venne concessa in licenza a compagnie svedesi, svizzere e tedesche che svilupparono separatamente la "ricetta" originale. Dopo molti anni di ramificazioni della formula e di fusioni tra società, rimasero due principali produttori di schiuma PVC: DIAB e Airex/Herex.

Altre schiume basate su componenti chimici diversi dal PVC sono state sviluppate nel corso degli anni ed includono: il PVC lineare (anche questo formulato inizialmente dal dott. Lindemann), il polistirene (PS), lo stireneacrilonitrile (SAN) il poliuretano (PUR), il poliisocianurato (PIR), il polimetilmetacrilato (PMI), il polieterimide (PEI), e molti altri. Ogni tipo di schiuma ha distinte proprietà fisiche e meccaniche, dovute alle loro differenze chimiche, ma tutte vengono utilizzate per la stessa funzione: alleggerire, irrigidire e irrobustire utilizzando il principio del sandwich.

### I principi del sandwich

Il concetto del sandwich si basa su due idee principali: aumentare la resistenza alla flessione di una trave o di un pannello, senza aggiungere peso. Il rapporto generale di resistenza alla flessione è dato dalla rigidità flessionale "D", rappresentata dal prodotto dei moduli elastici dei materiali per il momento di inerzia della sezione. Per una struttura a sandwich simmetrica (dove entrambe le pelli hanno lo stesso spessore e caratteristiche dei materiali), la formula per la rigidità flessionale è:

$$D = EI = \frac{E_f b t^3}{6} + \frac{E_f b d^2}{2} + \frac{E_c b c^3}{12}$$

Dove:

$E_f$  = Moduli elastici delle facce (pelli)

$E_c$  = Modulo elastico dell'anima

b = Altezza della trave

d = Distanza fra i centroidi delle facce

t = spessore della faccia  
c = spessore dell'anima

Se le pelli sono relativamente sottili rispetto all'anima ( $d/t > 6$ ) e il materiale del sandwich può essere considerato più leggero o debole delle pelli ( $E_f/E_c * td^2/c^3 > 17$ ), l'equazione può essere ridotta in:

$$D = EI = \frac{E_f btd^2}{2}$$

Da questa equazione si deduce che il materiale d'anima non contribuisce direttamente alla rigidità del pannello o della trave, (almeno nei materiali a bassa densità) ma che è la distanza tra le pelli il fattore determinante. Aumentando la variabile "d" otterremo una maggiore resistenza alla flessione che non aumentando qualsiasi altro fattore dell'equazione, almeno finché ogni altra variabile determina un contributo lineare (?). Quando si utilizzano anime di densità superiori (solitamente  $> 5 \text{ lb/ft}^3 - 80 \text{ kg/m}^3$ ) e laminazioni più spesse, deve essere usata l'equazione completa per poter correttamente predire la rigidità dell'insieme. Ciò è dovuto al contributo offerto alla rigidità dall'anima ad alta densità, e alla capacità delle pelli più spesse di assorbire le sollecitazioni di taglio.

Mentre l'anima mantiene le pelli a distanza costante fra loro in modo da incrementare la rigidità, essa supporta la maggior parte della sollecitazione di taglio. Nel momento in cui il sandwich si incurva, la pelle inferiore è in tensione, mentre la pelle superiore (o interna) si trova sollecitata in compressione, cosicché l'anima viene sollecitata in taglio (vedi fig.1). Per far sì che la struttura sandwich funzioni correttamente, gli strati di adesivo tra le pelli e l'anima devono essere in grado di trasferire il carico, e devono essere robusti quanto il materiale d'anima. Senza una adesione corretta, le tre entità lavorerebbero come superfici o travi separate e la rigidità andrebbe persa. Questa è la ragione per cui il collegamento anima/pelle è così critico.

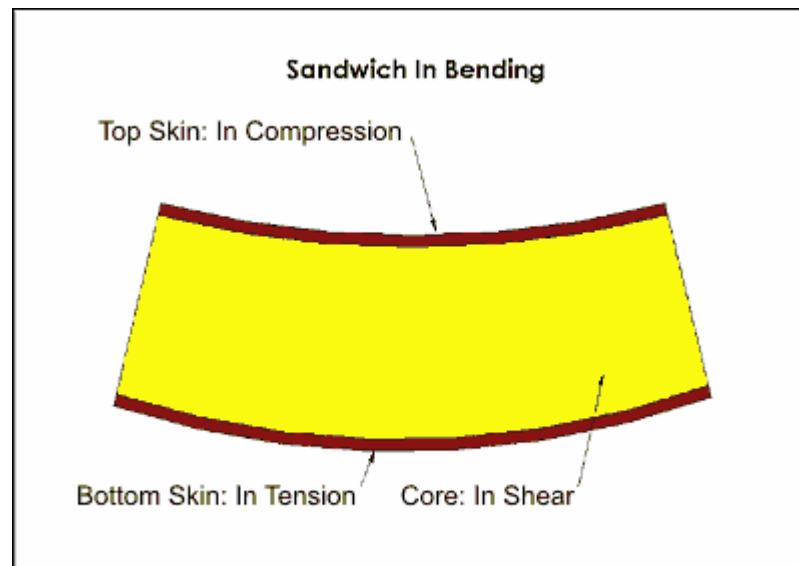


Figure 1

### **Sandwich contro fibra di vetro monolitica.**

In effetti, quanto una struttura sandwich è più rigida rispetto ad una monolitica e quali sono i vantaggi in termini di peso?

Come riportato più sotto, la resistenza alla flessione di una struttura dipende da due fattori: rigidità o modulo del materiale(i), e geometria della sezione trasversale o momento d'inerzia. Modificare le

proprietà dei materiali è spesso difficile (e costoso), così una modifica della geometria può fornire un incremento di rigidità che non compromette la robustezza o le altre proprietà di un laminato monolitico. La fig. 2 mostra le differenze in rigidità, robustezza e peso che si ottengono quando si interpone un materiale d'anima tra le facce di un laminato a singola pelle (tutti i valori sono stati normalizzati e approssimati)

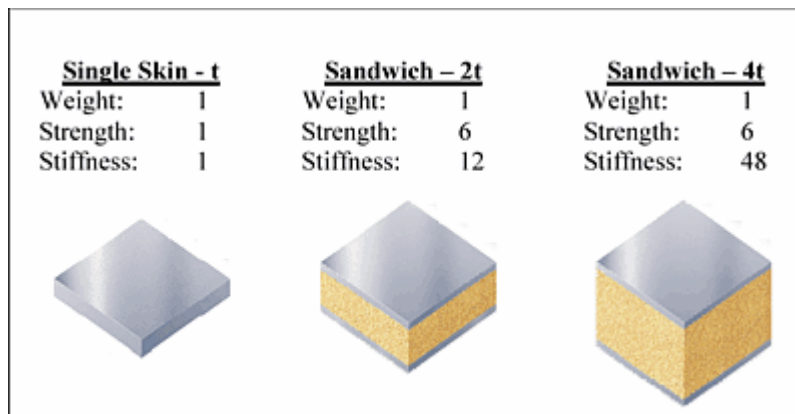


Figure 2

Incrementando (di 4 volte) la geometria della sezione trasversale, la rigidità aumenta di 48 volte, mentre la resistenza alla flessione aumenta di 6 volte, e tutto ciò con un aumento in peso irrilevante. L'aumento in forza e rigidità permette ai costruttori di utilizzare meno materiale nelle pelli, con la conseguenza di una struttura considerevolmente più leggera. La diminuzione di peso consente di aumentare la velocità massima e l'accelerazione, incrementa la capacità di carico dei trasporti e riduce il consumo di carburante.

Una costruzione sandwich è messa a confronto ad un laminato monolitico di resistenza alla flessione relativamente simile nella tabella seguente.

| Costruzione  | Resistenza alla flessione<br>(in lb-in <sup>2</sup> /in width) | Peso<br>(libbre per piede quadrato) |
|--|--|-------------------------------------|
| Sandwich – 1 strato di tessuto da 24 once WR e 1 strato di tessuto da 1.5 once CSM su entrambi i lati di un'anima in schiuma di PVC da 3.7 libbre spessa ½ pollice | 17.227   | 1.53                                |
| Laminato monolitico – 7 strati di tessuto da 24 once WR e 6 strati da 1.5 once CSM   | 16.270   | 4.28                                |

Altri vantaggi offerti dalla costruzione sandwich sono: maggiore isolamento (termico), miglior resistenza agli impatti, isolamento acustico, riduzione della manodopera. Il materiale d'anima, che nelle costruzione è solitamente a celle (cellular), possiede una conduttività del calore di molto inferiore ed un R-value (?) superiore rispetto a un laminato monolitico analogo. La manodopera viene ridotta dal fatto che devono essere posati meno strati e la maggior rigidità dell'insieme riduce il numero dei rinforzi necessari.. L'anima a celle riduce anche l'effetto "pelle di tamburo", in tal modo si attenua la rumorosità con il risultato di una navigazione più silenziosa.

Le contropartite della costruzione sandwich includono il costo dei materiali e l'addestramento delle maestranze. I materiali d'anima sono generalmente più costosi della resina e della fibra di vetro che vanno a rimpiazzare e in alcuni casi il risparmio in termini di manodopera non copre il prezzo della

lavorazione. I dipendenti devono essere messi al corrente dei possibili problemi che si possono verificare se i materiali d'anima non vengono maneggiati o uniti con cura alle pelli.

### Proprietà delle anime in schiuma e loro applicazioni.

Benché la resistenza al taglio e la robustezza siano di vitale importanza in una costruzione sandwich, altre proprietà sono altrettanto importanti. La resistenza alla compressione è necessaria per resistere ai carichi localizzati, come quando si solleva un'ancora sul ponte o si posa un'imbarcazione su un carrello. I grafici delle figg. 4 e 5 comparano diversi materiali d'anima dal punto di vista della resistenza al taglio e alla compressione:

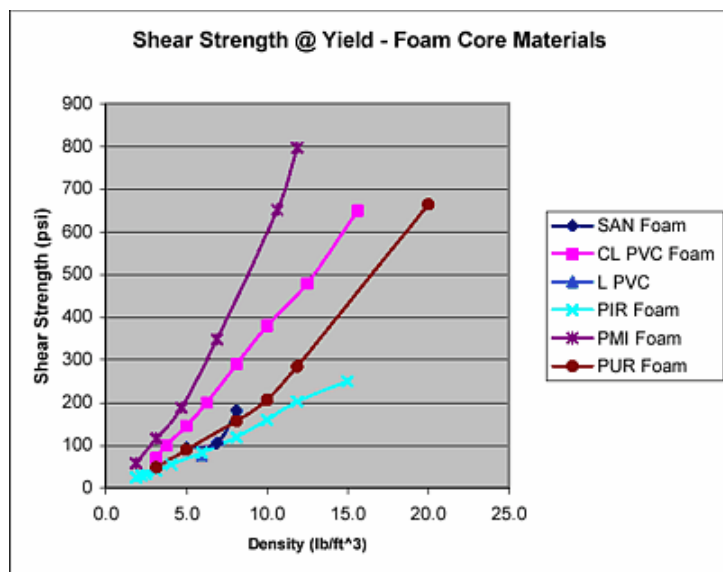


Figure 4

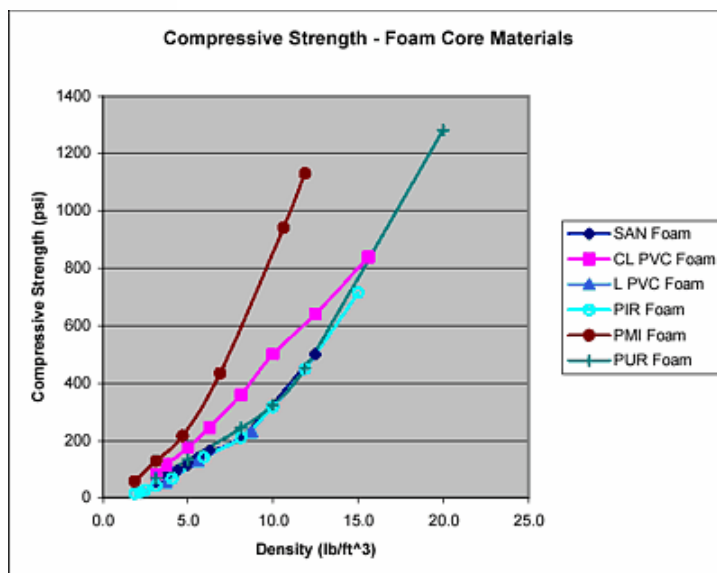


Figure 5

### Schiuma CL PVC:

Questa schiuma è composta da un PVC termoplastico (poly vinyl chloride) e da polyurea "thermoset" a legame incrociato (o a forte legame), brevemente, PVC a legame incrociato (ad es. Divinycell, Klegecell, Airlite).

Questa schiuma fornisce una maggior robustezza e rigidità sia in situazioni statiche che dinamiche, una buona stabilità fino alla temperatura di 180° F (82° C), buona resistenza alla fatica e una struttura a celle chiuse per un basso assorbimento di resina ed acqua.

Un problema incontrato nell'utilizzo del PVC a legame incrociato è che alcuni tipi non sono compatibili con alcuni preimpregnati con epossidica e se la schiuma non è opportunamente trattata, alcuni di questi preimpregnati potrebbero non aderire sufficientemente.

Il PVC a legame incrociato è usato tipicamente nella realizzazione dei ponti, delle sovrastrutture, di fiancate e fondo degli scafi, paratie e specchi di poppa.

### **Schiume SAN e PVC L:**

Queste schiume sono composte rispettivamente da stirene acrilico nitrile termoplastico (ad es. Corecell) e da un PVC a legame non incrociato o "Lineare" (ad es. Airex R63).

Le ragioni dell'utilizzo di questi materiali sono: grande robustezza, buona capacità di resistenza all'impatto e di assorbimento dell'energia, buona resistenza alla fatica e una struttura a celle chiuse. Alcuni inconvenienti dal loro utilizzo derivano dall'inferiore rigidità, problemi alle alte temperature e suscettibilità all'azione dello stirene (lo stirene della resina potrebbe filtrare attraverso la schiuma facendo sì che la resina non indurisca e che si degradi la schiuma). Queste schiume sono utilizzate tipicamente dove è prevalente la sollecitazione da impatto, come nel fondo e nelle fiancate degli scafi.

### **Schiume PUR e PIR:**

Le schiume di poliuretano (PUR) e di poliisocianurato (PIR) possiedono una buona resistenza alla compressione e proprietà fisiche moderate(?) alle densità più alte, ma tendono ad essere friabili o a deteriorarsi col tempo. A causa di ciò, queste schiume vengono impiegate per la realizzazione di pannelli per l'isolamento acustico, non soggetti a stress. Le versioni a densità più alta e meno friabili di questa schiuma sono utilizzate ampiamente nella realizzazione di specchi di poppa (in virtù dell'alta resistenza alla compressione), mentre i materiali a bassa densità vengono usate negli stampi o in "stringers" (?).

Esistono anche altre versioni di queste schiume, realizzate per utilizzi specifici, come le versioni CL di PVC e SAN resistenti alle alte temperature per l'utilizzo con i preimpregnati. Altre schiume come la PMI (ad es. Rohacell) e la PEI (Airex R82) sono impiegate nella costruzione aeronautica in virtù del loro alto costo e per questioni di utilizzabilità nell'ambiente marino (ad es. assorbimento d'acqua)

### **Schiuma contro balsa, legno e alveolari**

Balsa, legno e molti compensati comuni sono stati ampiamente utilizzati per molti anni nella costruzione delle barche. Mentre questi materiali possiedono eccellenti proprietà di resistenza alla compressione e di rigidità, possono risultare pesanti, assorbire acqua e marcire.

Le anime in schiuma possono essere più leggere, sono resistenti ai funghi, e non assorbono acqua o altri liquidi che si possono incontrare nell'ambiente marino. Esistono anche prove di una maggiore resistenza alla fatica delle schiume rispetto alla balsa. I laminati realizzati con anime in schiuma possono durare più a lungo e pesare meno rispetto ai laminati con anima in legno fornendo comunque adeguate proprietà fisiche. Il legno è ancora un materiale adeguato per l'utilizzo nelle aree dove sono presenti alti e concentrati carichi in compressione o attrezzature passanti (come nei supporti dei motori e intorno alle galloce) laddove l'uso di un'appropriata schiuma ad alta densità potrebbe rivelarsi troppo costoso.

Materiali alveolari, come il Nomex (carta aramidica e resina fenolica) e l'alluminio a cella d'ape sono basilari nel campo aerospaziale per la loro elevata resistenza, stabilità alle alte temperature e basso peso. Benché queste caratteristiche siano adatte alle applicazioni aerospaziali, i materiali alveolari presentano degli inconvenienti in ambiente marino. L'alveolare fornisce un'area

relativamente piccola all'incollaggio, ciò si traduce in un indebolimento nell'unione tra anima e pelle e in una scarsa resistenza alla fatica. La struttura a celle aperte è suscettibile di infiltrazioni d'acqua e di degrado dell'incollaggio. La lavorazione delle anime alveolari richiede l'utilizzo di materiali ed equipaggiamenti particolari, come l'autoclave e i preimpregnati epossidici ad alta temperatura.

Nelle figure seguenti si comparano la resistenza al taglio e alla compressione di alcune schiume con balsa e vari alveolari. NOTA: l'indicazione 1/8" e 3/16" per gli alveolari rappresenta le dimensioni della cella.

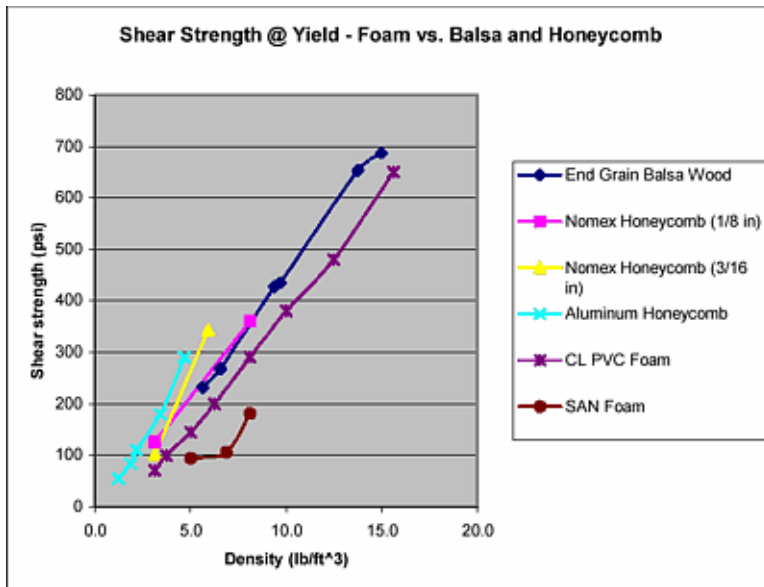


Figure 6

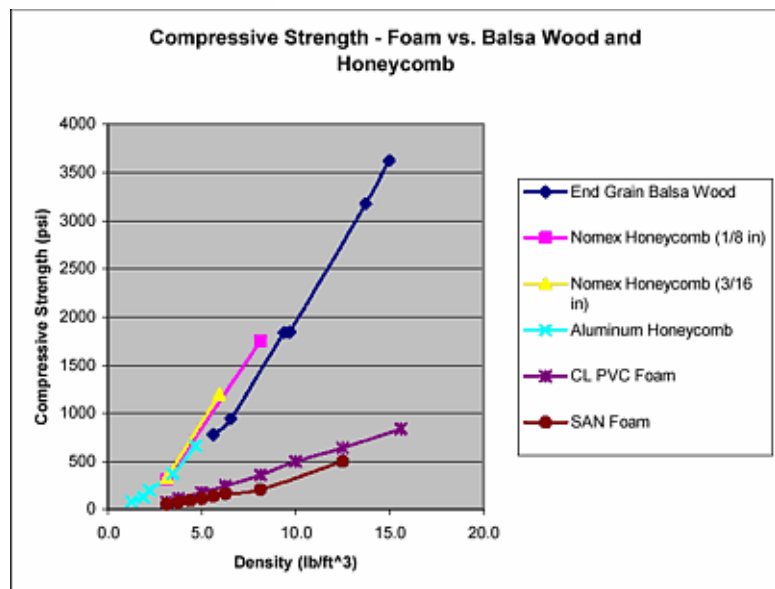


Figure 7

## Trattamento delle anime in schiuma

### Lavorazione a macchina:

Molte schiume possono essere facilmente lavorate e sagomate utilizzando gli utensili normalmente impiegati con il legno, come seghe a nastro, torni, trapani, carta vetrata e frese.

Le schiume a densità più alta richiedono inferiori velocità di avanzamento dell'utensile durante il taglio per evitare che il materiale bruci e si carbonizzi, questo a causa della scarsa conduttività

termica. Prima di lavorare qualsiasi schiuma, è necessario consultarsi con il fabbricante, poiché ogni schiuma ha proprie caratteristiche chimiche.

### Profili speciali

L'aspetto della lastra di schiuma può variare a seconda del fornitore o della lavorazione o dell'utilizzo che se ne deve fare.

Il contorno più comune è quello con incisione a griglia (come in fig.8). Su un lato della lastra di schiuma è applicato un foglio di vetroresina leggera, quindi la schiuma è tagliata in quadrati di 1" per 1". La vetroresina tiene insieme i quadretti consentendo alla lastra di conformarsi a curve complesse.

Un altro tipo di profilo è noto semplicemente come "tagliato" (cut) (doppio taglio, triplo taglio etc... vedi fig. 9). La schiuma è ancora tagliata in cubetti da 1" per 1" ma solo per due terzi dello spessore. Questo consente alla lastra di avere una certa flessibilità, ma l'intaglio è utilizzato principalmente come via di scorrimento della resina nei processi di infusione o come via di fuga per l'aria quando si utilizza la laminazione manuale.

Alcuni fornitori producono anche lastre scanalate (vedi fig. 10). Queste scanalature misurano normalmente 0.120" (3 mm) sia in spessore che in profondità e sono utilizzate come canali di scorrimento nella realizzazione di pelli relativamente sottili con il sistema sottovuoto.

Altri tipi di lavorazione disponibili presso i distributori includono la perforazione e l'incisione. Entrambi vengono utilizzati nei processi di infusione di resina o come vie di fuga per l'aria.

Un altro procedimento reso recentemente disponibile dai produttori è quello del kit pre-tagliato. Per grandi produzioni, la schiuma è fornita pre-tagliata secondo le specifiche del cliente per eliminare gli scarti e ridurre la manodopera.

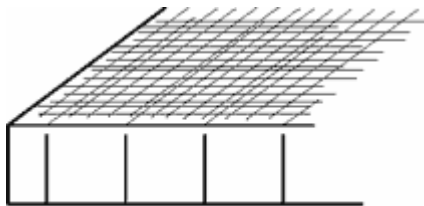


Figure 8

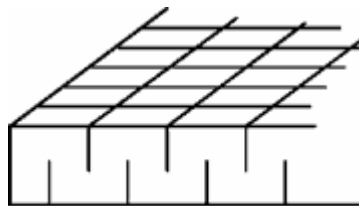


Figure 9

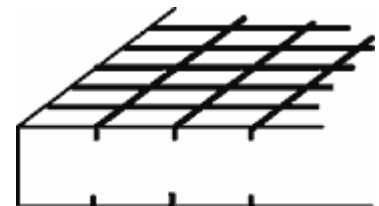


Figure 10

## Fabbricazione con anime in schiuma

### Preparazione del materiale.

Quando si utilizza la schiuma nella fabbricazione, è necessario seguire alcune severe direttive per ottenere una parte che sia meccanicamente valida. I materiali di schiuma devono essere conservati e preparati correttamente o gli incollaggi saranno altamente sospetti. Prima di tutto, la schiuma deve essere conservata in un luogo pulito ed asciutto. La polvere e l'umidità che si potrebbero depositare sulla schiuma potrebbe causare il cedimento degli incollaggi dopo la laminazione. Se vi è della polvere depositata sopra la schiuma, va eliminata mediante aspirazione, o nella peggiore delle ipotesi soffiandola via con aria compressa (ma con una sorgente di aria asciutta!). Non utilizzare solventi per pulire la superficie; Ciò non farebbe altro che spalmare la polvere o i contaminanti su tutta la superficie della schiuma e all'interno delle celle aperte che si trovano sulla superficie. Un forte solvente, come l'acetone, potrebbe degradare la superficie della schiuma, indebolendo l'unione tra anima e pelle. Con una superficie debitamente pulita, poco altro potrebbe andare storto applicando le pelli.

## **Lavorazione con FRP (Fiber reinforced plastics – resine rinforzate con fibre)**

Le anime in schiuma possono essere utilizzate quasi con ogni tipo di fabbricazione di vetroresina o compositi avanzati. Con i tre procedimenti principali che utilizzano la costruzione in sandwich, laminazione manuale/a spruzzo, infusione sottovuoto e preimpregnati in autoclave, se eseguiti correttamente si possono realizzare prodotti finali duraturi.

Nell'applicazione della laminazione manuale e a spruzzo, l'unione anima-pelle ha maggiori possibilità di essere compromessa che negli altri sistemi di lavorazione.

Per ragioni estetiche, molti fabbricanti stendono un rivestimento (skin coat) o una barriera contro le impronte sopra il gel coat e lo lasciano indurire prima dell'applicazione dell'anima. Per stratificare l'anima sul rivestimento, viene utilizzato un adesivo per il fissaggio (CBA, ex Divilette, Corebond, Baltekbond, etc...) o una resina caricata con fibre sminuzzate (CSM).

Per stratificare l'anima con il CSM è necessario un tessuto da  $\frac{3}{4}$  di oncia per piede quadrato con un rapporto resina/vetro di 75:25. Una volta che il CSM è saturo di resina, bisogna assicurarsi di coprire la superficie della schiuma con la resina di laminazione per riempire le celle aperte in superficie e stratificare la schiuma sul CSM.

Alcune delle schiume SAN e di PVC lineare richiedono un "hot coat" o un primer di resina fortemente catalizzata (intorno al 2% in peso) per ridurre gli effetti dell'azione dello stirene e incrementare la forza dell'incollaggio (il che, di conseguenza, vale anche per le altre schiume). Quando si utilizza il CBA, l'adesivo catalizzato è applicato al rivestimento (skin coat) sia a mano, livellando allo spessore corretto con una paletta, sia spruzzandolo con una pistola a spruzzo. L'anima viene quindi impregnata e stratificata contro il CBA. Utilizzando CBA anziché la resina caricata CSM, si ottengono alcuni vantaggi quali un peso minore, minore profilazione (less profiling -?-) della schiuma, minore esotermia (?).

Quando si utilizzano lastre incise a griglia o altre forme di schiume il semplice premere l'anima contro lo strato lascia gli intagli aperti e suscettibili di infiltrazioni d'acqua. Un modo per riempire queste fessure, o tagli, come sono comunemente note, è quello di utilizzare un rullo vibrante sul retro della lastra stratificata. Le vibrazioni consentono alla resina o al CBA di riempire i tagli aperti e di consolidare la struttura a sandwich. Un altro modo per riempire completamente le fessure è di impiegare il sottovuoto e di estrarre la resina/CBA attraverso i tagli, come si fa nel vacuum bagging.

Nella lavorazione sottovuoto (vacuum bagging), la schiuma è stratificata sul CSM o il CBA, quindi una sacca di materiale flessibile viene chiusa ermeticamente intorno al perimetro dell'oggetto e viene creato il vuoto al suo interno. Il vuoto consente alla pressione atmosferica di premere in maniera omogenea su tutta la parte, comprimendo la schiuma contro la stratificazione e spingendo la resina/CBA dentro gli intagli aperti. In molte realizzazioni sottovuoto, dapprima lo strato di rivestimento (skin coat) viene fatto indurire, quindi viene laminata la stratificazione (bedding layer), la schiuma viene applicata sulla stratificazione e fissata usando la sacca sottovuoto, infine la pelle superiore viene laminata sul nucleo (anima).

Una importante caratteristica del procedimento sottovuoto è l'utilizzo di fogli traspiranti e di peel plies. Prima dell'applicazione della sacca da vuoto, un sottile foglio di nylon o di peel ply viene collocato sopra la schiuma. Questo foglio agisce come uno strato di rilascio per il foglio traspirante, che consente al vuoto di evacuare tutta l'aria sotto la sacca. Senza uno strato traspirante, potrebbe non formarsi il vuoto in alcune aree e ciò non consentirebbe alla resina di riempire i tagli.

Un altro modo per assicurarsi che tutti i tagli e le fessure vengano riempite è il processo di infusione di resina: la fibra di vetro e il materiale d'anima vengono stesi asciutti sullo stampo e una sacca da vuoto viene fissata a tenuta ermetica d'intorno. Una volta creato il vuoto, la resina viene iniettata nella sacca e spinta attraverso la fibra e il materiale dell'anima. Una maniera per distribuire la resina attraverso le parti è di utilizzare i tagli e/o le scanalature delle lastre come canalizzazioni. Le strutture sandwich realizzate in questo modo hanno il rapporto resina/fibre più alto, tempi di



organizzazione illimitati (?) (almost unlimited setup time), e nessuna necessità di maneggiare resina appiccicosa.

Un altro procedimento nel quale l'anima in schiuma può essere utilizzato è nella laminazione di preimpregnati in autoclave. La laminazione con preimpregnati prevede normalmente maggiori temperature ( $>$  ai  $200^{\circ}$  F –  $93^{\circ}$  C) e pressioni ( $>$  15 psi ) rispetto ai metodi tradizionali di lavorazione. E' necessario utilizzare la giusta schiuma che sia in grado di resistere alle elevate temperature e pressioni,.

Molti produttori di schiume hanno in listino versioni per alte temperature, come il Divinycell HT, Klegecell TR e Airlite/Herex C71.

Queste schiume sono dimensionalmente stabili fino ai  $250^{\circ}$  F ( $121^{\circ}$  C) e a pressioni superiori ai 25 psi. Ogni aumento in termini di temperatura o pressione causerebbe una instabilità dimensionale della schiuma, il suo assottigliamento e/o il suo degrado. Esistono anche problemi di compatibilità tra preimpregnati epossidici e alcune categorie di schiuma. Se si prevede di utilizzare preimpregnati epossidici con la schiuma, bisogna contattare il fabbricante e per avere informazioni sulla compatibilità.

### **Unire i laminati in schiuma**

Quando si tratta di unire anime in schiuma e laminati in schiuma, molti degli adesivi utilizzati per i compositi funzionano abbastanza bene.

Per far aderire schiuma contro schiuma, magari per incrementare lo spessore della sezione trasversale, molti adesivi epossidici, uretanici o acrilati vanno bene.

Perché l'unione funzioni a dovere, l'adesivo dovrà essere più forte del materiale che è destinato ad unire (taglio e trazione).

Il punto essenziale nella giunzione schiuma/schiuma e quello di riempire con l'adesivo le celle aperte presenti sulla superficie. Molte unioni tra lastre di schiuma hanno funzione meccanica, ed è imperativo che tutte le celle aperte siano riempite con l'adesivo su entrambe le superfici.

Quando si affiancano più fogli di schiuma all'interno di un laminato, è sufficiente fissarli tra loro, sempre che le stratificazioni che incrociano le giunzioni siano continue. Per una protezione aggiuntiva contro le infiltrazioni d'acqua, la resina per laminazione può essere utilizzata come adesivo tra i fogli.

Per unire tra loro sandwich con anima in schiuma, anche qui andrà bene un adesivo per materiali compositi per la maggior parte delle configurazioni. Probabilmente il tipo di giunzione più raccomandabile è la sovrapposizione, dove le lastre di schiuma vengono unite direttamente fra loro e le pelli di entrambi i lati si sovrappongono alla linea di giunzione. Questo sistema forma una pelle continua sopra la linea di giunzione fra le lastre e non crea zone di indebolimento nel laminato. Altri sistemi adottabili possono includere il giunto (scarf) e lo stepped joint (?)( Presumo sia un tipo di incastro n.d.t.). Anche qui, l'adesivo dovrà essere più forte delle parti da unire e le pelli dovranno essere continue sopra la giunzione della schiuma.

### **Conclusioni**

Le anime in schiuma stanno divenendo sempre più prevalenti nella costruzione nautica, con nuove formulazioni ed applicazioni che vengono inventate ogni giorno. Differenti qualità e densità hanno diverse proprietà, utilizzi e prezzi. Se si progetta di utilizzare la schiuma nella propria barca, bisogna contattare il servizio tecnico del fornitore che può consigliare l'esatto tipo di schiuma e di laminato necessario per quella applicazione.

## Nota in calce dei curatori del sito [www.boatdesign.net](http://www.boatdesign.net)

Ringraziamo Trevor Gundberg, ingegnere dei Materiali Compositi presso la DIAB, di aver scritto per noi questo articolo, per la sua pubblicazione su Boat Design Net. Per ulteriori informazioni sull'utilizzo dei materiali d'anima in schiuma nel tuo prossimo progetto, raccomandiamo di porre direttamente le vostre domande alla DIAB Inc.

### **Note del traduttore**

Ringrazio il mio dizionario Italiano/Inglese – Inglese/Italiano Garzanti, ed. 1968, residuo quasi bellico dei miei studi medi e liceali per la preziosissima collaborazione e per la profusione di preziose notazioni precedute dal termine (*naut.*) che mi ha permesso di scoprire che *bow* in inglese significa arco, nodo, fiocco, inchino, curvarsi ma anche prua-prora, ed altre amenità del genere.

Il testo alterna traduzioni letterarie (credo doverose per non stravolgerne il contenuto) a libere interpretazioni laddove è stato proprio impossibile (almeno per me) rendere fedelmente il contenuto di una frase. Spero di non aver fatto troppi danni.

Chiedo scusa per le probabili inesattezze, in specie nella traduzione di termini tecnici e, forse ancor più probabilmente, nella traduzione di espressioni complesse di natura tecnica – quasi dei modi di dire – contro i quali anche il Garzanti si è rivelato impotente. Dove proprio non ho potuto fare altrimenti, ho lasciato il termine inglese originale, confidando che questo non comprometta eccessivamente la comprensione del testo.

Franco furcas

E-Mail: [franco.furcas@libero.it](mailto:franco.furcas@libero.it)