



# Non solo teoria

Lo studio della possibilità di realizzare un'imbarcazione con tecniche di produzione innovative e nel rispetto della salute dei lavoratori è stato l'obiettivo e l'oggetto di una esercitazione applicativa condotta nell'ambito della sesta edizione del Master in Yacht Design del Politecnico di Milano

**V**enti professionisti laureati nelle discipline dell'ingegneria, dell'architettura e del disegno industriale, hanno avuto il compito di realizzare mediante tecnica di infusione lo scafo e la coperta di una piccola imbarcazione e di completare l'assemblaggio delle parti. L'attività, che ha costituito uno dei momenti esercitativi previsti nell'ambito dell'unità didattica "Costruzioni navali", è un esempio di un approccio formativo professionalizzante fortemente orientato a trasferire conoscenze tecniche secondo un metodo induttivo e attraverso una combinazione di momenti di formazione teorica, relazioni dirette con il mondo della produzione ed esercitazioni applicative. L'esercizio è stato infatti collocato al termine di un percorso che ha

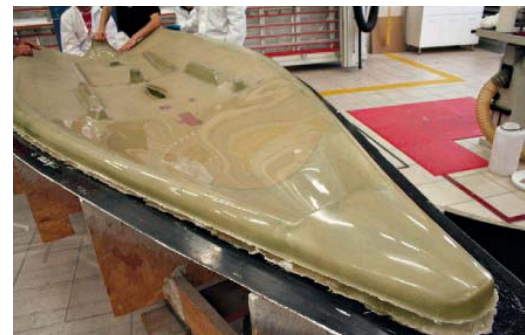
permesso ai partecipanti di comprendere le logiche che stanno alla base della definizione del piano di laminazione di una imbarcazione in composito oltre che i principi e gli accorgimenti che devono essere adottati per ottenere il manufatto attraverso l'applicazione di un processo di infusione. Tali aspetti sono stati pertanto oggetto di una prima fase finalizzata a rivedere e ottimizzare il piano di laminazione originario dell'imbarcazione, concepito per una produzione manuale (hand lay-up), con l'obiettivo di migliorare il risultato dal punto di vista del rapporto pesi-meccaniche e tenendo in considerazione gli effetti indotti dall'utilizzo del vuoto in termini di compattazione dei laminati, variazione dei rapporti di impregnazione e riduzione degli spessori.

Fase verifica del kit PVC

## Il supporto delle aziende

Come anticipato, obiettivo dell'esercitazione è stato anche quello di coinvolgere nell'operazione una serie di realtà aziendali che operano nel settore della nautica, destinate a divenire futuri interlocutori professionali per le persone coinvolte nel corso, che hanno supportato l'attività attraverso la fornitura di materiali e relativo know-how teorico, tecnico e applicativo. Ulteriore supporto formativo è derivato dalla visita di cantieri dove la tecnica di infusione è adottata come processo produttivo. Tra queste, la più significativa è stata senz'altro quella presso lo stabilimento produttivo del Cantiere Azimut di Avigliana che ha permesso di cogliere appunto la dimensione industriale del processo. Altri tipi di relazione e supporto tecnico sono





Da sinistra: vestizione della coperta; infusione scafo; coperta con gelcoat trasparente

derivati dal coinvolgimento del cantiere Nautivela che ha messo a disposizione gli stampi dell'imbarcazione skiff di classe Zzap oltre che l'esperienza consolidata in oltre 40 anni di attività nella produzione di derive olimpiche attualmente vendute nei cinque continenti e destinate per oltre l'80% al mercato estero. Partner operativo nella conduzione dell'esercitazione è stata Assocompositi, l'Associazione che tutela l'industria dei materiali compositi promuovendone lo sviluppo e la diffusione nei diversi settori applicativi che, nell'ambito di un accordo di reciproca collaborazione con il Master in Yacht Design del Politecnico, ha reso possibile la concretizzazione pratica dell'esercitazione. Grazie all'intervento diretto o al supporto fornito da aziende associate ad Assocompositi è stato infatti possibile creare momenti di approfondimento specifico su differenti aspetti di natura tecnica, produttiva e/o tecnologica. Con il CSA, Centro Sviluppo Applicazioni di Vetrotex – Saint Gobain è stato per esempio possibile lavorare per ottimizzare il piano di laminazione dell'imbarcazione e per individuare i tessuti più indicati alla specifica applicazione, oltre che per selezionare quei materiali ausiliari e/o quei dettagli in grado di migliorare la cinetica di infusione o le caratteristiche tecniche del pezzo finale. In particolare, le valutazioni effettuate hanno portato a utilizzare tessuti da 290 gr/mq con orientamento delle fibre a +/- 45° e Unifilo da

175 gr/mq nelle aree single skin. La combinazione di materiali in tali aree ha avuto l'obiettivo di contribuire a ottenere in quei punti una buona diffusione della resina, una corretta e omogenea impregnazione dei tessuti e un incremento dell'inerzia della sezione ottenuta attraverso un aumento dello spessore del laminato. Nelle aree maggiormente sollecitate (attacco delle lande, sheerline, scassa di deriva ecc.) sono stati inoltre previsti dei rinforzi localizzati ottenuti mediante l'applicazione di strisce di unidirezionale da 600 gr/mq. Per quanto riguarda la scelta dei materiali d'anima da impiegare nelle aree sandwich è stata coinvolta un'altra azienda associata ad Assocompositi, Airex-Leda, con la quale sono stati individuati i prodotti più indicati a soddisfare le specifiche prestazionali previste dal piano di laminazione, oltre che tutti gli accorgimenti per ottimizzare i prodotti in funzione delle caratteristiche e della geometria degli stampi di scafo e coperta. In questo caso la scelta è stata quella di fare ricorso a un PVC espanso di densità pari a 75 e 55 kg/mc, rispettivamente per lo scafo e per la coperta e con spessori di 5 e 7 mm.

### Geometrie, performance e materiali

Per quanto riguarda le lavorazioni dei materiali è stato previsto un intaglio quadrettato per i pannelli destinati allo scafo così da poter assecondare agevolmente i rag-

gi più accentuati di curvatura, mentre per la coperta è stata prevista solo una rete di fori indispensabile per assicurare durante l'infusione il passaggio della resina e la conseguente impregnazione dei tessuti sottostanti. Su tutti i pannelli si è inoltre provveduto a realizzare quegli accorgimenti indispensabili per ottenere un buon risultato finale tra i quali la realizzazione di smusso degli angoli in corrispondenza della congiunzione delle pelli del laminato per evitare la formazione di accumuli di resina e la predisposizione di una buona corrispondenza geometrica nelle zone di contatto tra pannelli adiacenti. Il supporto per la scelta della resina è stato fornito da Polynt, azienda che in questi anni ha sviluppato una serie di prodotti a base poliestere e vinilestere specificamente formulati per rispondere alle esigenze della laminazione in stampo chiuso. La scelta è stata quella di optare per un formulato a matrice vinilestere caratterizzato da un ottimo rapporto tra viscosità e proprietà meccaniche, contenuta esotermia e conseguente basso ritiro. Ulteriore studio particolare è stato dedicato alla tipologia del network di infusione da adottare in funzione delle caratteristiche geometriche dei pezzi da realizzare e dei risultati attesi in termini di performance del laminato. In questo caso è stato coinvolto come partner Airtech, azienda leader a livello internazionale nella produzione di materiali e tecnologie per la realizzazione di manu-

fatti in composito mediante processi di infusione o, più in generale, per lo sviluppo di applicazioni con tecnica del vuoto. L'obiettivo perseguito in questa fase è stato quello di effettuare una scelta tra le alternative a disposizione che potessero ottimizzare il risultato finale soprattutto rispetto alla leggerezza del manufatto e al buon livello di compattazione e omogeneità del laminato ottenuto. È stato pertanto deciso di adottare un network a «spina di pesce» ottenuto mediante strisce di un agugliato sintetico tridimensionale estremamente semplice da posizionare, caratterizzato da una adeguata portata abbinata però anche a una distribuzione della massa di resina veicolata in grado di ridurre i picchi di esotermia in fase di reticolazione della stessa. Tale network è stato abbinato a una rete superficiale, con funzione di media di infusione e di ripartizione delle pressioni esercitate dal sacco da vuoto. Ulteriore vantaggio del quale è stato possibile beneficiare riguarda l'ottenimento di una superficie del manufatto pronta a ricevere l'applicazione di paratie e altri elementi strutturali dello scafo grazie all'impiego di un tessuto peel-ply che, oltre a consentire la rimozione del network di infusione a processo ultimato, aiuta a eliminare i residui di resina in eccesso con evidenti vantaggi di pulizia del laminato ottenuto e, con riferimento ai ridotti spessori in oggetto, con un leggero risparmio anche in termini di peso complessivo.

### Uno spray innovativo

Particolarmente efficace è stato inoltre il supporto fornito da 3M in primo luogo attraverso la messa a disposizione di una serie di prodotti ausiliari per la realizzazione di processi di infusione tra i quali un nuovo adesivo spray a contatto utilizzato per tenere provvisoriamente in posizione



nello stampo i tessuti. L'innovazione introdotta in particolare con tale prodotto riguarda la sua pigmentazione colorata che aiuta l'operatore a verificare visivamente che l'adesivo sia impiegato nei quantitativi corretti. 3M oltre a curare all'interno del corso uno specifico stage sul corretto utilizzo degli adesivi strutturali ha coordinato anche le operazioni di accoppiamento scafo-coperta facendo ricorso in questo caso a un adesivo strutturale tissotropico a matrice epossidica caratterizzato da una resistenza meccanica dell'incollaggio al taglio nell'ordine dei 30 MPa.

### Il tema della sicurezza

L'esercitazione ha costituito inoltre l'occasione per verificare al reale le possibilità di adottare una serie di ulteriori accorgimenti finalizzati a razionalizzare il processo o a migliorare le condizioni di sicurezza dell'ambiente di lavoro. In questa direzione è stato per esempio previsto l'impiego, durante la fase di vestizione degli stampi, di piastre di rinforzo in vetro pressato e legato con resina poliestere che l'azienda FILP, Fabbrica Isolanti e Laminati Plastici, ha appositamente sviluppato per le applicazioni in infusione. Tali piastre, disponibili in spessori variabili e sagomabili a misura a seconda delle esigenze, oltre che dotate di opportuna foratura per consentire il passaggio di resina, offrono il vantaggio di poter essere posizionate direttamente nel laminato secco in modo che, a infusione completata, il laminato risulti già pronto a ricevere nelle posizioni previste

il fissaggio di attrezzatura di coperta, elementi impiantistici ecc. Con riferimento agli aspetti di sicurezza è stato mostrato invece come sia possibile, attraverso la realizzazione di un'apposita «trappola» posizionata sulla linea del vuoto a monte della pompa, abbattere completamente le emissioni di stirene nell'ambiente di lavoro, annullando conseguentemente non solo i rischi espositivi, ma creando anche condizioni operative più favorevoli a beneficio della produttività. È infatti sufficiente prevedere l'inserimento su tale linea di un sifone in cui un glicole etilenico o più semplicemente dell'alcool etilico opportunamente refrigerato producano una parete fredda utile a provocare su di essa la condensazione dello stirene che transita dalla fase gassosa a quella liquida.

### Dalla grammatica alla pratica

L'operazione costruttiva è stata infine completata grazie all'intervento e al supporto tecnico offerto da alcune aziende leader nel settore nautico nei rispettivi campi applicativi quali Harken, Cariboni, North Sails e Gottifredi & Maffioli che, fornendo rispettivamente l'attrezzatura di coperta, l'albero, le vele e le scotte hanno consentito di armare, varare e collaudare l'imbarcazione avendo modo quindi di confermare, se mai ce ne fosse stato bisogno, che un buon controllo delle conoscenze teoriche è sempre indispensabile, ma quando questo è supportato da una adeguata competenza anche a livello applicativo i risultati sono sempre migliori. ☺