

L'economia circolare incontra la nautica

Una nuova era di imbarcazioni in fibra naturale e resine riciclabili

Partendo dallo stato dell'arte, i materiali compositi normalmente utilizzati nella nautica sono pelli di fibre di vetro o carbonio in una matrice di resina termoindurente, a base epossidica o poliestere.

Una volta catalizzata la resina il materiale ha ottime proprietà meccaniche, ideali per la realizzazione di strutture complesse grazie alla spiccata anisotropia delle fibre e alla conseguente riduzione di peso possibile grazie all'ottimizzazione della laminazione.

Tuttavia, analizzando i singoli componenti del materiale composito si nota che già i primi aspetti che non rendono sostenibile una imbarcazione.

Le fibre, siano di vetro o carbonio, richiedono un elevato dispendio energetico per la loro produzione: le fibre di vetro sono realizzate tramite trafilatura di vetro fuso ad alta temperatura, mentre le fibre di carbonio prima di essere tali vanno incontro a un processo di grafittizzazione, sempre ad alta temperatura.

Le resine termoindurenti invece hanno il difetto intrinseco di non poter essere fuse a causa del loro alto grado di reticolazione. In questo modo, una volta reticolata non è più possibile separare la resina dalle fibre.

Ad oggi l'unica possibilità per riutilizzare un materiale composito fatto in modo tradizionale è usarlo come inerte da aggiungere a materiali meno nobili per migliorare le proprietà meccaniche, senza avvicinarsi neanche lontanamente a quelle originali.

Per ovviare a tutti questi problemi Northern Light Composites (NLC) ha deciso di realizzare un materiale composito con fibre di origine vegetale, in modo da ridurre l'impatto ambientale a priori, fibre che sono unite a una resina termoplastica, per garantire il riuso e riciclo del composito a posteriori.

Le fibre vegetali sono già utilizzate in vari settori, principalmente per la loro capacità di smorzare le vibrazioni.

Trovano infatti grande uso in racchette da tennis e pannelli per portiere automobilistiche, ma di rado vengono

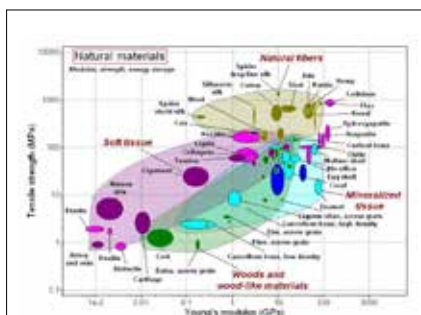


Fig.1: Modulo elastico e resistenza alla rottura per fibre naturali

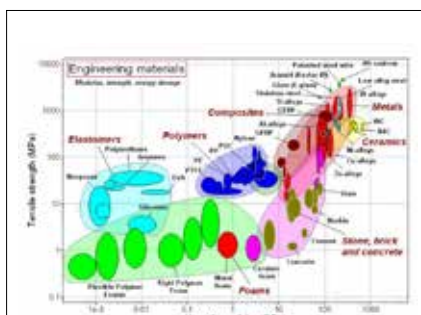


Fig.2: Modulo elastico e resistenza alla rottura per fibre artificiali

utilizzate da sole come unica fibra di rinforzo.

Essendo vegetali richiedono un bassissimo dispendio energetico per la realizzazione, poiché le fibre si presentano già lunghe e allineate in origine.

Dopo un attento studio di letteratura e con l'esperienza maturata in ambito universitario, per costruire un nuovo modello di imbarcazioni sostenibili si è deciso di utilizzare le fibre di lino, in quanto garantiscono le migliori caratteristiche come si può vedere nella figura 1 dove il lino (flax) in alto a destra ha proprietà di non molto inferiori a quelle del vetro (fig.2, stessa scala). La resina termoplastica, la Elium della Arkema, è stata scelta per la possibilità di essere separata dalle fibre e poter creare un nuovo materiale composito. Inoltre, essendo termoformabile,

permette su geometrie semplici di poter riutilizzare i pannelli semplicemente applicando calore con strumenti industrialmente già utilizzati.

La resina ha rappresentato la sfida più grande, perché presenta peculiarità non riscontrabili con le normali resine termoindurenti che hanno richiesto numerosi test per ottimizzare i parametri di processo. Si è deciso di utilizzare l'infusione sottovuoto (VARTM, vacuum assisted resin transfer moulding) in modo da ottenere dei compositi con caratteristiche replicabili e una buona frazione di fibre all'interno.

La resina purtroppo presenta una parte volatile, quindi non può essere infusa ad alto vuoto. Inoltre, le fibre, essendo naturali, hanno una superficie molto irregolare, non liscia, e ciò porta alla formazione di bolle se non si regolano bene pressione e velocità della resina. Ulteriori problemi sono sorti con il trattamento di apprettamento delle fibre e con il distaccante utilizzato.

Dopo numerosi test NCL è riuscita a trovare i migliori parametri che possano permettere di ottenere un composito uniformemente bagnato, senza bolle e con una buona percentuale di fibre. I risultati preliminari ottenuti sono promettenti, ma in quanto tali non sono definitivi ed è quindi in corso una nuova campagna di caratterizzazione per ottenere risultati più veritieri. Il materiale composito che si ottiene è caratterizzato da un modulo elastico simile a quello ottenibile con la vetroresina, ma ha un allungamento a rottura più grande, intorno al 3%. Il composito, una volta che la resina si è catalizzata, può essere sia riutilizzato tramite termoformatura, sia riciclato separando i suoi componenti tramite un semplice processo chimico.

Le fibre che si ottengono sono fibre intere, comparabili per aspetto e consistenza con quelle vergini, come si può vedere nella figura 3, dove sono poste fianco a fianco fibre nuove (in alto) e fibre recuperate (in basso).

Le fibre presentano comunque una superficie leggermente modificata, poi-



Fig.3: Fibre di lino vergini (in alto) e recuperate con trattamento post infusione (in basso)

ché un sottile film di resina rimane adeso ma questo migliora la bagnabilità delle stesse. La resina invece può essere riutilizzata tramite laminazione manuale anche su grandi superfici, sebbene non su spessori importanti. In questo modo è possibile effettuare delle riparazioni sullo scafo dove non è fattibile l'uso del VARTM. Concludendo, un materiale composito realizzato con fibre naturali e resina termoplastica offre enormi potenzialità sul piano della sostenibilità e riciclaggio, seppure i parametri di processo rendano ancora difficoltoso l'utilizzo di questi su scala industriale.

Le proprietà meccaniche che si ottengono non si discostano molto da quelle ottenibili con la normale vetroresina, quindi non c'è una penalizzazione di peso importante sulle strutture di rinforzo di una imbarcazione sportiva. C'è comunque ancora molto spazio di miglioramento, sia come processo che come materiali, per rendere un tale composito ancora più accattivante per il mercato.

Northern Light Composites (NLC)

È una giovane start up nata come spin off di Northern Light Sailing Team e dall'esperienza di un gruppo di ex studenti universitari con pregresse conoscenze nell'ambito dei compositi sostenibili maturate tramite le competizioni universitarie della 1001Vela Cup. L'obiettivo principale della NLC è quello di realizzare una barca con materiali e tecnologie tali da renderla sostenibile attraverso il 3Rs concept: "reduce, reuse, recycle. L'idea dei tre fondatori, Fabio Bignolini, Andrea Paduano e Piernicola Paoletti è quella di costruire imbarcazioni non solo performanti in mare ma anche rispettose dell'ambiente e della salute dei lavoratori. Fabio Bignolini coordina l'attività operativa mentre Piernicola Paoletti gestisce i flussi finanziari. Andrea Paduano è invece a capo della ricerca e sviluppo. La giovane squadra è divisa in due settori diversi, uno ingegneristico insieme al designer Matteo Polli, e l'altro più scientifico sullo studio e sull'ottimizzazione dei materiali.

The circular economy meets the nautical sector

A new era for vessels made with natural fibers and recyclable resins

Starting from the state of the art, composite materials commonly used for watersports are made with glass or carbon fibers in a thermosetting matrix, epoxy- or polyester-based. Once catalyzed, the obtained material has excellent mechanical properties, well suited for the realization of complex structures due to the pronounced anisotropy of the fibers that could guarantee a useful weight reduction through the optimization of the fiber orientation.

Sectioning the components of the composite materials, it's clear that there are many aspects that aren't sustainable.

The fibers, whatever made with glass or carbon, require a very high amount of energy during the realization: glass fibers are drawn from the liquid state at high temperature, while carbon ones need a carburization treatment at high temperature again.

Thermosetting resins, once catalyzed, cannot be fused due to the high cross-linking degree so it is not possible to separate them from the fibers. Nowadays, the only way to reuse a traditional composite material is to crush it and use as filler in order to improve the mechanical properties of poor materials, gaining only a fraction of the original features.

To solve all these problems, Northern Light Composites (NLC) realized a composite material made with vegetal fiber, in order to reduce the environment impact from the start, impregnated in thermoplastic resin, in order to satisfy the reusability and recyclability of the material at the end of the cycle.

Natural fibers are already used in different fields, mainly due to their damping properties. The main usage is in tennis rackets and car door panels, but rarely they are used alone only as reinforcing fibers. But these fibers, being plant-based, require very little energy for the production, as they are already long and aligned from the origin.

Based on the state of the art on natural composites and on the previous experiences made in academic studies, flax fibers were chosen because they have the best mechanical properties, as shown in figure 1 where flax is placed next the top tight corner, comparable

with glass fibers (fig.2, same scale).

We chose to use thermoplastic resin Arkema Elum because it can be separated from the fibers and reused for a new composite material. Moreover, as it is thermoformable, it allows to mold already made panels in different simple shapes with industrial tools.

The resin represented the biggest challenge because it has particular features that cannot be found on traditional thermosetting resin, requiring lots of experimental tests in order to optimize the process parameters.

We chose to start with vacuum infusion (VARTM, vacuum assisted resin transfer moulding), to obtain reproducible samples with a good volume fraction of fibers. The resin has a volatile component that avoid the use of high vacuum pressures and the fibers, being natural, have a rough and irregular surface that contributes to the formation of small bubbles in the resin without a fine regulation of the pressure and flow of the resin. More problems arose with the sizing treatment of the fibers and the demolding compound.

After several tests NCL found the best compromise that guarantees a fully wet composite, without bubbles and a good fraction of fibers. The preliminary results are very promising and, in these days, a new test campaign is running to obtain more solid data. The Young's modulus of our composite material is close to the one's of GFRP, but has a bigger value of elongation at break, around 3%.

Once the resin is catalyzed, the composite material could be reused via thermoforming or recycled separating the components through a simple chemical process. The separated fibers are intact, visually comparable to the raw one, as it can be seen in Figure 3, where raw fibers (top) are put side by side with recycled ones (bottom).

Anyway, the fibers have a slightly modified surface, because of a thin layer of resin adhere on it, improving the wettability of them. The resin, instead, can be reused through hand lay-up, also for large areas, albeit not thick layers. In this way it is possible to make reparations on the zone of the hull where VARTM is non usable.

Concluding, composite materials made with natural fibers and thermoplastic resins offer huge potentialities, both for sustainability both for recycling, although the delicate process parameters limit the spread of them in the industrial field. The obtained mechanical properties are not too far from the distinctive ones of fiberglass, so there isn't a huge weight penalty for the reinforcement structures of a racing sailing boat. However, there is still a lot of room for improvements, as process and as materials, in order to make such a composite very attractive for the market.

Northern Light Composites (NLC)

Northern Light Composites is a young startup, born as a branch of Northern Light Sailing Team, with a team of ex-students that already applied on the sustainable composite material field during the university period and had the opportunity to compete in the 1001Vela. The main goal of NLC is to create a sailing yacht using materials and technologies that assure the sustainability of itself through the 3Rs concept: "reduce, reuse, recycle". The idea of the 3 founders, Fabio Bignolini, Andrea Paduano and Piernicola Paoletti is to build yachts that are not only fast, but also environmentally respectful and safe for the workers. Fabio Bignolini organizes the operations while Piernicola Paoletti manages the financial aspects. Andrea Paduano is the R&D leader. The young team is divided in two sectors, the first focused on the engineering of the boat with a world-known yacht designer, Matteo Polli, and the second one about the study and optimization of the materials.

All the mentioned figures refer to the Italian version

Fig.1: Young's modulus and tensile strength of natural fibers

Fig.2: Young's modulus and tensile strength of artificial fibers

Fig.3: Raw flax fibers on top side and recycled ones on bottom side