



*Roberto Frassine  
Presidente Assocompositi*

## I MATERIALI COMPOSITI STRUTTURALI

### ALTA TECNOLOGIA IN RAPIDO SVILUPPO

**I materiali compositi strutturali hanno sperimentato, a partire dall'era post-bellica,** un considerevole sviluppo per soddisfare i requisiti sempre più stringenti di leggerezza e resistenza richiesti nel settore dei trasporti.

I materiali compositi sono materiali costituiti da almeno due fasi distinte per morfologia e/o composizione, che possiedono proprietà fisico-meccaniche sufficientemente diverse tra loro. Una di queste fasi, detta matrice, è continua e può essere di natura polimerica, ceramica o metallica. Attualmente i compositi a matrice polimerica costituiscono circa il 90% delle applicazioni di tali materiali.

La fase dispersa può avere una morfologia variabile (dischi, particelle, fibre, ecc.). Se essa presenta proprietà meccaniche superiori a quelle della matrice si parla di effetto di "rinforzo", in caso contrario di "modifica" (come ad esempio nel caso dei polimeri tenacizzati con particelle di gomma).

Per quanto concerne i materiali compositi strutturali, essi sono una particolare classe di materiali rinforzati con una rilevante frazione in

volume di fibre, solitamente continue, che possono essere disposte in diverse direzioni. Le fibre più comunemente utilizzate sono quelle di vetro, aramidiche e di carbonio. Spesso il composito è costituito da numerosi strati sovrapposti di fibre mono o bi orientate e in tal caso è anche detto "laminato".

Ad un'iniziale espansione legata prevalentemente al settore aerospaziale tra il anni Cinquanta e Settanta, è seguita una progressiva diversificazione delle applicazioni di questi materiali, per merito soprattutto dello sviluppo di nuove fibre di rinforzo e di nuove resine. Altri campi applicativi non meno importanti sono rappresentati dalla nautica, dall'energia, dall'automobile, dallo sport, dal design di interni e dalle costruzioni.

Il mercato globale dei materiali compositi è oggi uno dei più dinamici al mondo, con oltre 60 milioni di euro di fatturato (dato del

2004) e un tasso di crescita secondo soltanto all'informatica e alle telecomunicazioni. I fattori trainanti di un simile trend sono legati allo sviluppo dei mercati della Cina e del medio oriente e al tasso di adeguamento tecnologico che il compartimento dei trasporti ha raggiunto soprattutto in Europa e negli Stati Uniti. Si prevede inoltre che la crescita della domanda di compositi non subirà un rallentamento significativo almeno fino al 2011.

## I materiali compositi nel settore aerospaziale

La più recente e significativa innovazione nel campo dell'aviazione civile è stata la decisione di Boeing di sviluppare un nuovo velivolo passeggeri, denominato *787 Dreamliner*, interamente basato su strutture primarie in materiale composito a fibre di carbonio ad alta resistenza. Tale scelta ha consentito un notevole risparmio di peso con una conseguente riduzione dei consumi e un aumento della distanza di volo senza scalo e senza rifornimento (con un'autonomia di 15.000 km) rispetto agli attuali velivoli di linea. Inoltre, la struttura è risultata eccezionalmente resistente e più affidabile nel tempo rispetto alle strutture tradizionali. Di conseguenza, secondo Boeing, l'utilizzo dei compositi permetterà una considerevole riduzione degli interventi di manutenzione e di riparazione dei velivoli. Il rivoluzionario progetto Boeing - il cui primo volo ufficiale è avvenuto lo scorso 8 luglio e le cui prime consegne sono previste nel 2010 ad AirCanada - ha visto il coinvolgimento di Alenia come partner strategico, in quanto le due sezioni centrali della fusoliera e i timoni di coda sono in produzione presso il modernissimo stabilimento di Grottaglie, in provincia di Foggia. Questo riconoscimento all'Italia è ampiamente legato alla consolidata tradizione di eccellenza della nostra industria e dei nostri ricercatori nel settore aerospaziale. L'effetto di trascinamento dovuto al successo commerciale del progetto *Dreamliner* (con circa 667 velivoli ordinati in tutto il mondo) non si è fatto attendere: Airbus ha annunciato una versione XWB del suo A350 con fusoliera in composito e ha persino prospettato un intervento di aggiornamento in questo senso per la vecchia famiglia di velivoli A320 a due file di posti. Anche la brasiliana Embraer e la canadese Bombardier stanno studiando soluzioni per strutture primarie in composito (ali, impennaggi e, possibilmente, fusoliera) per i propri velivoli a corto raggio tra i 90 e i 149 posti. La sfida del settore è al momento concentrata sul piano produttivo: se le nuove attrezzature AFP (Automated Fibre Placement) e il miglioramento delle tecnologie che non richiedono l'impiego di autoclave dovessero dare gli effetti sperati, l'ambito traguardo dei 30 kg/ora a costi di produzione ridotti potrebbe non risultare così lontano, aprendo l'uso dei compositi a fibra continua a molti altri campi applicativi.



## I materiali compositi nel settore dell'energia

Il settore dell'energia rappresenta, assieme alla sicurezza, le scienze della vita e l'ambiente, uno dei grandi temi di sviluppo nel prossimo futuro. Negli ultimi anni, di fatto, si è assistito ad un forte incremento degli investimenti per lo sfruttamento delle fonti energetiche alternative ai combustibili fossili. Particolarmente significativi in tal senso sono i dati provenienti dal comparto dell'energia eolica: il 2006 ha visto una crescita delle installazioni del 32% rispetto all'anno precedente, per un totale di investimenti pari a 18 miliardi di euro e una capacità totale installata di 75 GW. L'Europa rappresenta il mercato trainante, con il 65% della capacità totale installata, ma l'energia eolica viene già oggi prodotta in oltre 70 paesi in tutto il mondo. Simili dati collocano innegabilmente questa fonte di energia rinnovabile al primo posto in termini di tasso di sviluppo.

I materiali compositi sono ad oggi i principali materiali impiegati nella costruzione di turbine eoliche di grandi dimensioni e vengono utilizzati soprattutto per la realizzazione della pale, talvolta in combinazione con legno e leghe leggere. Il tipo di composito più comune - essenzialmente per ragioni di costo - è quello a base di fibra di vetro, ma la spinta continua verso un aumento delle dimensioni (in special modo per le installazioni off-shore) sta aprendo la strada all'impiego di fibre più pregiate, quali carbonio e arammide. L'incremento di massa della pale, infatti, è funzione non lineare dalla loro lunghezza e può portare alla considerevole riduzione dell'efficacia delle turbine, in special modo per i diametri superiori a 100 m.

Le principali aziende produttrici di turbine eoliche, come la spagnola Gamesa e la danese Vestas, stanno perciò lavorando per migliorare le prestazioni delle attuali turbine attraverso una riprogettazione aerodinamica e l'impiego di compositi più leggeri, rigidi e resistenti. Si prevede così di poter presto sviluppare turbine off-shore di oltre 150 m di diametro con potenze ampiamente superiori ai 3 MW odierni.

## I materiali compositi nel settore delle costruzioni

Il settore della riparazione e/o riabilitazione delle costruzioni è divenuto negli ultimi decenni uno dei preminenti mercati mondiali dei materiali compositi. Questi materiali, di fatto, possono essere occupati in sostituzione dell'acciaio sia come armatura interna nel calcestruzzo che come armatura esterna per tutti i materiali da costruzione (calcestruzzo, muratura, acciaio, legno, ecc.).

Attualmente l'applicazione più diffusa è quella dei compositi con fibra di carbonio a matrice epossidica per la riabilitazione di strut-



ture in cemento armato. A fronte di una straordinaria facilità di messa in opera e alle considerevoli proprietà meccaniche, tuttavia, questo tipo di materiali richiede una capacità progettuale ed un'esperienza specifica che non sono comunemente disponibili nel settore edilizio. Per tale motivo Giappone, Stati Uniti ed Europa sono impegnati in maniera molto attiva nell'adeguamento della normativa esistente. Per quanto riguarda l'Italia, il Consiglio Nazionale delle Ricerche si è fatto promotore di un ampio ed ambizioso progetto prenormativo teso a sviluppare linee guida per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo degli



interventi di riabilitazione strutturale con i materiali compositi su cemento armato, muratura e strutture lignee. Il progetto ha prodotto numerosi documenti di cui il principale è stato contrassegnato con la sigla CNR-DT200/2004.

Le indicazioni contenute nel documento DT200 (costituito da oltre cento pagine) forniscono al progettista, all'applicatore e al collaudatore gli strumenti per operare correttamente il rinforzo a flessione e a taglio di travi e pareti, nonché il confinamento delle colonne, mediante l'applicazione di strisce di materiale composito sulle superfici esterne. Anche l'uso di barre in materiale composito in sostituzione delle usuali barre in acciaio per la realizzazione di elementi strutturali in calcestruzzo costituisce una pratica diffusa in molti paesi del mondo. La loro intrinseca resistenza alla corrosione, infatti, le rende particolarmente indicate per numerose applicazioni, quali ad esempio gli impalcati da ponte in regioni fredde (dove il frequente spargimento di sale può esporre le armature metalliche al rischio di corrosione) o le strutture in prossimità dei litorali marittimi. Anche la caratteristica di trasparenza magnetica delle barre in composito viene spesso apprezzata, come nel caso della realizzazione di sale ospedaliere al fine di evitare interferenze con le attrezzature per la risonanza magnetica e la diagnostica per immagini.

Sempre per quanto riguarda il nostro Paese, il CNR ha pubblicato un documento analogo a quello citato in precedenza, denominato CNR-DT203/2006 che, nel rispetto della normativa vigente, fornisce le regole di progettazione, esecuzione e controllo per questo tipo di applicazioni.

La sempre maggiore diffusione di questi materiali nel settore delle costruzioni rende oggi i progettisti così sicuri da realizzare anche strutture innovative interamente costituite da materiali compositi, quali ponti pedonali e travature reticolate.

## I materiali compositi nel settore dei veicoli

Le prime applicazioni dei compositi nel settore degli autoveicoli risalgono ai primi anni Cinquanta. Gli obiettivi principali sono stati fin dall'inizio legati ad una riduzione della massa, ad una maggiore libertà della forma e ad una semplificazione delle operazioni di manutenzione con una riduzione dei costi. Le tecnologie più adottate sono lo stampaggio da lastra (SMC) e da pasta (BMC) che le analisi di eco-efficienza hanno dimostrato essere superiori sia all'acciaio che all'alluminio per la realizzazione di componenti auto. Contrariamente alle applicazioni precedenti, tuttavia, la quasi totalità dei componenti auto presenta un rinforzo con fibre discontinue di vetro.

In questo ambito il mercato europeo si presenta oggi in forte tra-



sformazione di fronte alla concorrenza dei produttori asiatici. Analisti qualificati prevedono un tasso di crescita annuo delle parti in composito pari al 2,5% fino al 2010, soprattutto per le vetture europee che presentano standard elevati di qualità, confort e prestazioni.

Per andare incontro alla richiesta di veicoli di maggiori dimensioni con un più elevato contenuto tecnologico e di sicurezza, è previsto inoltre un incremento annuo del peso delle autovetture pari a circa il 2,5%, elemento che renderà più difficile il soddisfacimento dei requisiti relativi ai consumi ed alle emissioni di gas serra. Di conseguenza, è facile presumere che l'impiego dei materiali compositi nell'industria automobilistica sarà destinato ad un significativo sviluppo con una crescita totale del mercato prevista tra il 2003 e il 2010 pari a circa il 50%.

Con i materiali compositi si realizzano attualmente parti semi-strutturali degli interni (ad esempio i pedali della frizione e dell'acceleratore, i pannelli delle porte, questi ultimi anche in fibre naturali) e componenti sottocofano anche per temperature elevate e parti di carrozzeria (paraurti, cofano, portellone e tetti trasparenti) per un totale di oltre 500.000 Mton/anno di componenti prodotti.

È opportuno ricordare, inoltre, che nel settore delle autovetture sportive prodotte in serie limitata (le cosiddette "supercars") si fa un uso molto esteso dei materiali compositi strutturali, prevalentemente con fibra continua di carbonio: buona parte di tali vetture destinate alle principali corse automobilistiche europee (Ferrari, Porsche, Lamborghini, ecc.) sono prodotte con telaio e carrozzeria in fibra di carbonio dall'azienda italiana ATR Group di Colonnella (TE).



## I materiali compositi per lo sport e il tempo libero

Anche se la loro presenza non sempre viene percepita concretamente dagli utilizzatori, nelle attività sportive i materiali compositi hanno trovato probabilmente il loro più vasto campo di applicazione. Per esempio, non tutti sanno che questi materiali vengono adottati da molti anni in tutti gli sport nelle protezioni paracolpi e costituiscono un'importante componente strutturale di buona parte delle attrezzature sportive (sci, racchette da tennis, mazze da golf, biciclette, ecc.).

L'atleta disabile Oscar Pistorius si è recentemente segnalato all'attenzione del grande pubblico per avere chiesto al Comitato Olimpico di poter prendere parte alle gare delle prossime Olimpiadi di Pechino. Pistorius, che è un amputato bilaterale, è detentore dei record del mondo sui 100, 200 e 400 m, traguardi che l'atleta è riuscito a raggiungere grazie a protesi in fibra di carbonio così efficienti da costringere la Federazione Internazionale di Atletica Leggera (IAFF) a respingere la sua richiesta. Infatti, nonostante le polemiche seguite al rifiuto, la IAFF sostiene che "le sue gambe non tradizionali lo avvantaggiano rispetto agli altri atleti". La strada per una nuova era di sport "bionici" sembra così aperta grazie all'adozione dei materiali compositi.

I materiali compositi sono largamente impiegati anche per la fabbricazione di attrezzature sportive più complesse, come per esempio imbarcazioni, velivoli e vetture da competizione. Nella nautica da diporto, ad esempio, la maggior parte delle imbarcazioni a vela e a motore viene quasi interamente costruita con materiali compositi in fibra di vetro. Nel settore del windsurf la percentuale di compositi impiegati raggiunge pressoché il 100%. In tutte queste applicazioni il tipo di costruzione prevalente è la stratificazione manuale di strutture a sandwich. Il rinforzo in fibra

di vetro continua ad essere utilizzato anche nella maggior parte delle imbarcazioni da competizione, principalmente per criteri di costo. In questo caso, tuttavia, le prestazioni vengono ottimizzate attraverso una progettazione più attenta e l'impiego di tecnologie produttive sotto vuoto.

Per competizioni estreme, come il caso per esempio della Coppa America, le imbarcazioni sono invece costruite interamente con compositi avanzati in fibre di carbonio o aramidiche e facendo uso di tecnologie di derivazione aeronautica. Attualmente, non solo lo scafo, il timone e l'albero ma anche le sartie e i rinforzi delle vele sono realizzati con questi materiali. Come illustrato in precedenza, anche le vetture di Formula 1, al pari di quelle appartenenti alle altre classi da competizione automobilistica e motociclistica, beneficiano ampiamente dei vantaggi assicurati dai materiali compositi in termini sia di leggerezza che di rigidità. Basti pensare che al giorno d'oggi non solo l'intero telaio, la carrozzeria e le appendici sono realizzati in materiale composito, ma questi materiali sono adottati anche all'interno del motore (per esempio per la scatola del cambio).

## Conclusioni

La breve panoramica illustrata ha lo scopo di mettere in evidenza quanto ormai sia divenuta comune la presenza dei materiali compositi nella maggior parte delle strutture moderne. Le ragioni di questa diffusione sono da ricercare nelle proprietà intrinseche di tali materiali (rigidezza, resistenza, leggerezza, isolamento, durabilità, ecc.) e nella maggior libertà di forma offerta dalle tecnologie produttive ad essi associate. Una delle sfide più importanti che i materiali compositi si troveranno ad affrontare nel prossimo futuro non riguarda, tuttavia, soltanto i loro sviluppi applicativi, ma anche l'impatto del loro utilizzo sull'ambiente. Pur essendo il loro indice di sostenibilità ambientale più vantaggioso nella maggior parte delle applicazioni rispetto a quello dei materiali tradizionali, i materiali compositi presentano attualmente problemi di emissioni nel processo produttivo e limitate possibilità di riciclo a fine vita. La ricerca è quindi costantemente impegnata per fornire nuove soluzioni che garantiscano un maggiore equilibrio tra le performance tecnologiche di questi materiali e la loro compatibilità ambientale.

Anche Assocompositi, l'Associazione italiana dei materiali compositi, è impegnata in prima linea su questi temi per offrire ai propri associati mezzi adeguati per affrontare le nuove sfide tecnologiche.

**Ringraziamenti:** Si ringrazia "Compositi Magazine", organo ufficiale di Assocompositi, per aver messo a disposizione il materiale documentale e iconografico a corredo di questo articolo.