

MATERIALI COMPOSITI: NON CI SONO LIMITI ALLA TUA IMMAGINAZIONE

Immaginate un materiale leggero, resistente e durevole che può essere prodotto in forme complesse con tecniche di produzione molto economiche. Immaginate che le sue proprietà possano essere progettate su misura, scegliendo un'opportuna combinazione di diversi materiali e componenti. Vi piacerebbe cogliere l'occasione e scatenare la vostra immaginazione per progettare soluzioni innovative in grado di vincere nuove sfide tecnologiche?

Progettisti, ingegneri e architetti hanno già utilizzato con successo i compositi non solo per sostituire acciaio, alluminio, legno e pietra, ma anche per sviluppare prodotti completamente nuovi che non si sarebbero potuti ottenere con materiali tradizionali. I compositi sono oggi infatti utilizzati per una grande varietà di applicazioni come aerei, automobili, turbine eoliche, barche, case, ponti, attrezzature sportive (racchette, mazze da golf, snowboard, sci, biciclette, ecc.), dispositivi medicali e molto altro. Ma le loro possibilità sono praticamente illimitate...

COSA SONO I MATERIALI COMPOSITI?

I materiali compositi sono costituiti da due elementi: la matrice e il rinforzo. La matrice è il "collante" che tiene insieme il rinforzo e lo protegge dagli effetti dell'ambiente, consentendo anche di distribuire i carichi esterni all'interno del materiale e nel rinforzo. Rinforzo è un termine generico per fibre, fiocchi o particelle disperse all'interno della matrice: grazie alle proprietà fisico/meccaniche superiori dei rinforzi rispetto alla matrice, la loro scelta determinerà la rigidità, la resistenza, la conducibilità elettrica e termica e molte altre proprietà del materiale composito. Nel seguito, per semplicità, prenderemo in esame come materiali di rinforzo soltanto le fibre.

MATRICI

Nonostante sul mercato esistano compositi a base polimerica, metallica e ceramica, in questo testo saranno

considerate solo le matrici polimeriche - che coprono di fatto la maggior parte delle applicazioni industriali dei compositi.

I polimeri utilizzati per i compositi sono generalmente suddivisi in reticolati e non reticolati (detti anche rispettivamente termoindurenti e termoplastici). Per reticolare un polimero è richiesta una reazione chimica tra molecole preesistenti: alcuni esempi sono la vulcanizzazione della gomma e l'indurimento delle resine epossidiche. Quando un polimero è reticolato, una sola molecola "gigante" riempie l'intero volume del prodotto e questo influenza decisamente il comportamento fisico del materiale. In primo luogo, il materiale rimane permanentemente allo stato solido - e si ha quindi una completa assenza di scorrimenti viscosi per quanto alta sia la temperatura: questa è la base, per esempio, delle applicazioni tecniche per la maggior parte degli elastomeri. In secondo luogo, se il materiale è liquido prima della reticolazione, esso tenderà a diventare più viscoso fino a solidificare; quest'ultimo effetto è chiamato "indurimento" ed è la chiave per i processi di produzione a basso costo dei compositi. Esempi di matrici termoindurenti per compositi sono le poliestere insature, le vinilestere e le epossidiche. Queste sono solitamente disponibili come liquidi bicomponenti - la resina e l'agente di reticolazione, detto anche "indurente" - che reagiscono solo quando sono miscelati. In alcuni casi, i reagenti possono essere premiscelati e la reazione viene attivata aumentando la temperatura. La temperatura di lavorazione è uno dei parametri di controllo più importanti al fine di determinare le proprietà finali; per questo motivo, le resine reticolabili per compositi sono spesso chiamate anche "termoindurenti".

I polimeri non reticolati sono comunemente solidi a temperatura ambiente, ma diventano liquidi a temperature elevate; per questo motivo sono anche denominati "termoplastici". Queste resine stanno guadagnando sempre più interesse nel settore dei compositi per la loro maggiore stabilità termica e ambientale, così come per il potenziale sviluppo di tecniche di produzione più rapide. I principali limiti sono legati alle maggiori pressioni e temperature di stampaggio, nonché a difficoltà di impregnazione della fibra.

RINFORZI

I materiali di rinforzo possono essere particelle, fiocchi/piastrine e fibre. In tutti i casi, essi possiedono almeno una dimensione caratteristica nell'ordine di micrometri ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{m}$). Il tipo più efficace di rinforzo è costituito dalle fibre, grazie alla possibilità di regolarne la lunghezza da pochi decimi di millimetro praticamente all'infinito - quest'ultimo, naturalmente, solo per fibre prodotte dall'uomo. Le fibre continue hanno il chiaro vantaggio di ottimizzare la struttura del composito grazie alle loro proprietà, alla frazione volumetrica introdotta nella matrice ed alla possibilità di controllarne l'orientazione, ma sono più complesse da utilizzare.

Le fibre non continue si dividono in fibre corte - con una lunghezza nell'ordine del millimetro o minore - che sono utilizzate principalmente per termoplastici stampati ad iniezione e fibre lunghe o fibre continue - ovvero di lunghezza pari alla massima dimensione del componente da fabbricare (anche decine di metri). I compositi termoplastici a fibre lunghe stanno avendo un grande sviluppo negli ultimi anni anche per applicazioni strutturali.

I più importanti rinforzi fibrosi sono le fibre di vetro, le fibre di carbonio e le fibre aramidiche. Sono utilizzate in molti casi anche le fibre naturali. Le nanoparticelle sono anch'esse di un certo interesse per i materiali compositi in virtù delle loro eccezionali caratteristiche e dell'elevatissimo rapporto superficie/volume.

Fibre di vetro

La fibra di vetro è la fibra di rinforzo più comunemente usata: essa possiede la stessa rigidità dell'alluminio ma una resistenza molto superiore. La fibra di vetro è considerevolmente meno costosa rispetto ad altre fibre di rinforzo e delle stesse matrici. Essa viene prodotta filando una massa fusa di vetro attraverso crogioli di platino in un processo ad alta intensità di energia. Esistono diversi tipi di fibra di vetro: fibre di vetro di tipo E, che è la fibra di vetro più comunemente impiegata, fibre di vetro ad alte prestazioni meccaniche (per esempio in vetro di tipo S) e fibre di vetro resistenti agli agenti chimici (vetro di tipo C). Il colore della fibra di vetro è bianco - che diventa trasparente quando viene impregnata con la resina - e la fibra è elettricamente isolante. Il diametro di un singolo filamento di vetro è compreso tra i 12 e i 17 µm.

Fibre di carbonio

Le fibre di carbonio sono prodotte mediante pirolisi di una fibra polimerica (di solito rayon, poliacrilonitrile (PAN) o pece). Il processo produce cristalli di grafite che sono orientati principalmente nella direzione longitudinale della fibra. L'alto costo delle fibre polimeriche usate come precursori e le alte temperature necessarie al processo di carbonizzazione e grafitizzazione (> 1500 °C) spiegano il costo più alto rispetto alle fibre di vetro. Il modulo elastico è molto elevato (da 210 a 800 GPa) e la fibra è fortemente anisotropa. Le proprietà meccaniche delle fibre di carbonio - quali ad esempio rigidità e resistenza - sono fortemente influenzate dalla temperatura utilizzata nel processo, e di solito rientrano in quattro categorie: fibre ad alta resistenza o a modulo standard (SM), fibre a modulo intermedio (IM), fibre ad alto modulo (HM) e fibre a ultra-alto modulo (UHM). Se aumenta la rigidità delle fibre, ne aumenta significativamente di solito anche il costo. La fibra di carbonio ha elevata conduttività termica e elettrica ed è di colore nero. Il diametro di una singola fibra di carbonio è tipicamente di 7 o 8 µm e viene fornita in nastri composti da molte migliaia di fibre (da 3.000 a 48.000).

Fibre aramidiche

Un terzo significativo gruppo di fibre di rinforzo sintetiche è quello delle aramidiche. La fibra aramidica più nota è il KEVLAR®, sviluppato da DuPont negli anni '50. Le fibre aramidiche sono fibre polimeriche caratterizzate da elevata resistenza e rigidità e una notevole tenacità, unite ad una bassa densità. Per tali ragioni sono spesso utilizzate anche come materiali per le protezioni balistiche. Le fibre aramidiche sono impiegate come protezioni anti-taglio, ad esempio nei guanti protettivi da lavoro. I cavi in fibre aramidiche sono utilizzati come funi perché garantiscono una resistenza maggiore dell'acciaio e di altre fibre polimeriche, ma sono caratterizzate da una densità pari a circa un quinto di quella dell'acciaio e simile a quella di altre fibre polimeriche (poliammidi e poliestere ad esempio).

Fibre naturali

Le fibre naturali rappresentano una interessante famiglia di fibre di rinforzo che ha trovato recentemente impiego nei materiali compositi. Sono divise in tre gruppi: vegetali, animali e minerali. Tra queste, come rinforzo di materiali compositi, si usano le fibre vegetali costituite prevalentemente da cellulosa: sulla base della loro provenienza, possono essere suddivise in fibre vegetali da seme, da fusto, da foglia, da frutto e da legno. Le fibre da fusto sono quelle solitamente più adatte per la fabbricazione dei compositi: le più importanti sono ad esempio il lino, la canapa e il bambù.

Nanocariche

Questa categoria si riferisce a particelle in cui almeno una dimensione è inferiore a 100 nanometri (1 nm corrisponde a 10^{-9} m). I nanomateriali sono classificati come zero, mono e bidimensionali. In questo contesto, una struttura zero-dimensionale si riferisce ad una particella avente tutte le dimensioni inferiori a 100 nm. Allo stesso modo, una particella unidimensionale è fibrosa, mentre le particelle bidimensionali sono in forma di sottili lamelle. Le nanocariche costituite prevalentemente da carbonio sono un buon esempio di nanoparticella, in quanto coprono sia i materiali zero-dimensionali (fullereni) che quelli monodimensionali (nanotubi) che quelli bidimensionali (grafene). Solo i nanotubi e il grafene sono di un certo interesse per i compositi.

Il grafene ha la stessa struttura esagonale in piano della grafite ma ha lo spessore di "un atomo", il che rende il suo rapporto superficie/volume estremamente grande. Le versioni più economiche - perché più facili da produrre - del grafene sono l'ossido di grafene (GO) e l'ossido di grafene ridotto (RGO), che hanno eccezionali proprietà meccaniche termiche ed elettriche.

I nanotubi di carbonio possono essere immaginati come ottenuti arrotolando in una geometria cilindrica singoli strati di grafene e si dividono in due categorie: a parete singola (SWCNT) e a parete multipla (MWCNT). Il diametro di un nanotubo a parete singola è di circa 1 nm e la lunghezza può essere fino a un milione di volte più grande. Un nanotubo di carbonio a parete singola ha eccellenti proprietà, con una rigidità di 1.000 GPa, resistenza di circa 30 GPa e conducibilità termica di 3,500 W/mK. I nanotubi di carbonio a parete multipla sono più facili e meno costosi da produrre e sono già stati utilizzati in alcune applicazioni sportive, come racchette da tennis e mazze da hockey. I nanotubi hanno la tendenza a formare aggregati di grandi dimensioni e la sfida oggi nel loro utilizzo per i materiali compositi è quella di ottenere una dispersione omogenea nella matrice, oltre che nello sviluppo di tecniche per controllarne l'orientazione.

STRUTTURA DEI COMPOSITI

I compositi di oggi sono realizzati combinando materiali diversi, di cui le fibre sono il componente più importante. Poiché le proprietà meccaniche delle fibre sono invariabilmente superiori a quelle della matrice polimerica, essi sono anche chiamati polimeri fibrorinforzati (FRP). Altre cariche inorganiche - come carbonato di calcio o talco - possono essere presenti nella formulazione dei compositi per diversi motivi.

La combinazione più diffusa di materiali è quella di fibre di vetro e resina poliestere insatura, denominata "vetroresina". Nelle sue varie forme, questo materiale rappresenta circa il 95% del volume totale del mercato europeo dei compositi. Nelle applicazioni ad alte prestazioni - quali attrezzature chimiche o ad alta pressione- le resine vinilestere possono essere preferite alle poliestere. Un vantaggio di questi sistemi è che l'agente di reticolazione - tipicamente lo stirene - può anche essere utilizzato per regolare la viscosità della resina liquida per ottimizzare il processo di fabbricazione. Quando si utilizzano fibre di carbonio o aramidiche, la combinazione con resine epossidiche è da preferirsi in virtù delle superiori proprietà meccaniche e termiche. Queste applicazioni rappresentano il restante 5% in volume del mercato europeo - anche se la quota di mercato per costo è significativamente più alta...!

Il terzo gruppo di compositi si basa sulle fibre naturali. L'industria automobilistica sta facendo largo uso di materiali compositi in fibra naturale a causa del loro basso impatto ambientale e del peso contenuto. Anche se l'effettivo impatto ambientale di questi materiali è ancora in discussione, il loro impiego sta diventando sempre più importante¹.

Una categoria speciale di compositi è costituita da quelli morbidi e flessibili a base di elastomeri (gomma). Un esempio sono gli pneumatici, in cui la matrice di gomma è rinforzata da varie fibre - come acciaio, rayon o arammide.

I compositi possono anche trarre beneficio da nanocariche di ultima generazione come nanotubi di carbonio o grafene. Sebbene queste particelle difficilmente possano sostituire le fibre di rinforzo - principalmente per problemi di costi e di quantità massima disperdibile - possono tuttavia essere utilizzate con successo per migliorarne altre proprietà come la conducibilità elettrica e termica.

PROPRIETA' DEI COMPOSITI

Le proprietà dei compositi fibrorinforzati dipendono dal tipo, lunghezza, contenuto e orientamento delle fibre. Per una data fibra, le migliori proprietà meccaniche si ottengono quando le fibre sono continue e orientate nella stessa direzione, il che permette anche di ottenere il più alto contenuto di fibra possibile. Questo tipo di composito è chiamato monodirezionale o unidirezionale (UD), ma non ha molte applicazioni pratiche a causa del fatto che le proprietà sono ottimizzate in una sola direzione, mentre nelle altre sono molto più basse (persino di quelle della sola resina!). Per compensare questo effetto - detto di anisotropia - le fibre sono incrociate tra loro sovrapponendo diversi strati di fibre unidirezionali - o anche di tessuti - in modo da produrre laminati. Il tipo più semplice di laminato è il cosiddetto "cross-ply", in cui le fibre vengono orientate a strati alternati perpendicolari tra loro. Aggiungendo altri strati a $\pm 45^\circ$ si ottiene un comportamento quasi-isotropo nel piano. La rigidità e la resistenza di un laminato quasi-isotropo sono però significativamente inferiori - di almeno il 60% - rispetto ad un laminato UD.

In generale, il comportamento meccanico di un composito è non simmetrico a trazione e compressione, essendo in quest'ultimo caso normalmente meno resistente, a differenza di quanto avviene con i materiali isotropi. Ciò è dovuto al fatto che, essendo le fibre molto sottili rispetto alla loro lunghezza, esse tendono ad andare in instabilità quando sono compresse: è noto infatti che le corde non possono essere utilizzate per "spingere" gli oggetti. Le fibre aramidiche hanno la resistenza a compressione più bassa tra tutte le fibre di rinforzo per compositi.

Anche altre proprietà sono influenzate da scelta delle fibre, della resina e della direzione di misurazione. Ad esempio, il coefficiente di dilatazione termica delle fibre può essere negativo, il che significa che lungo la direzione delle fibre il composito si accorcerà quando riscaldato. Con la corretta scelta della quantità e qualità delle fibre, così come del loro orientamento, è possibile produrre compositi con coefficiente di dilatazione termica nulla. Tali materiali possono essere utilizzati, ad esempio, per strumenti di misurazione e antenne paraboliche di satelliti.

Il fatto che i compositi siano costituiti da strati sovrapposti di fibre rende molto semplice la produzione di strutture di tipo "sandwich" in cui due strati relativamente sottili di compositi (pelli) sono separati da un'anima costituita da un

¹Un ulteriore sviluppo di compositi naturali può essere ottenuto sostituendo matrici sintetiche a base di olio con matrici a base bio (cioè da fonti rinnovabili, per esempio acido polilattico PLA o polimeri sintetizzati da etanolo ottenuto dalla fermentazione di residui colturali) e in alcuni casi anche matrici biodegradabili (PLA o amido).

materiale leggero di tipo non strutturale. Questa combinazione possiede straordinarie proprietà di leggerezza, rigidità e resistenza: si può dimostrare che la rigidezza a flessione di una trave con struttura a sandwich è proporzionale al modulo elastico delle pelli - realizzate in composito - moltiplicato per lo spessore dello strato di materiale d'anima al quadrato. Ciò significa che, mantenendo lo stesso tipo di pelle e aumentando lo spessore del core, si possono produrre strutture sempre più rigide oppure sempre più leggere. L'effetto sulla resistenza è lo stesso, anche se meno pronunciato. Il materiale d'anima è generalmente costituito da plastiche espanse rigide o strutture a nido d'ape fatte di carta fenolica Nomex[®], plastica o alluminio. Il materiale d'anima può anche essere progettato in modo da conferire alla struttura altre proprietà, quali la capacità di isolamento termico.

I materiali compositi possono essere facilmente utilizzati per produrre strutture "smart" integrandovi direttamente sensori - come antenne, tag RFID, fibre elettroniche e ottiche, utilizzate principalmente per verificarne l'integrità strutturale durante il servizio - attuatori o entrambi. Sono stati sviluppati anche compositi "auto-riparanti" basati su microsfere cave o fibre cave, che contengono resina liquida non polimerizzata. Se si rompono, la resina giunge a contatto con le particelle catalitiche contenute nella matrice solida e, indurendo rapidamente, ripara subito i danni.

COME SONO PRODOTTI I COMPOSITI?

I metodi di produzione più comuni per compositi sono di tipo "additivo", e perciò in considerevole anticipo sui tempi rispetto alle attuali tendenze delle tecnologie di produzione additive come la stampa 3D. I tradizionali metodi di fabbricazione dei compositi sono suddivisi in tecnologie a stampo aperto e chiuso. Quelle a stampo aperto comprendono la laminazione manuale, la laminazione con pre-impregnati e l'avvolgimento (filament winding). Quelle a stampo chiuso includono l'infusione sotto vuoto (VI), lo stampaggio a trasferimento di resina (RTM), lo stampaggio a compressione e la pultrusione.

Il livello di automazione nella produzione in compositi è in continuo aumento: di fatto, quasi tutte le fasi di produzione - dalla laminazione alla reticolazione e dalla finitura all'ispezione del pezzo finito - possono essere automatizzate, in particolare per lotti di produzione di grandi dimensioni. Con i metodi moderni è relativamente facile controllare e anche riparare - se necessario - tutti i componenti in materiale composito.

TECNOLOGIE A STAMPO APERTO

Laminazione con pre-impregnati

L'industria aeronautica e automobilistica (supercar) utilizza una versione avanzata della laminazione manuale, in cui le fibre di rinforzo collocate nello stampo sono pre-impregnate con la resina già miscelata con l'agente di reticolazione; questo tipo di semilavorato è denominato "prepreg" e richiede un ambiente di lavoro particolarmente controllato (clean room). I prepreg sono conservati in un congelatore in modo che la reticolazione della resina non avvenga durante lo stoccaggio, e i prepreg hanno caratteristiche adesive quando sono a temperatura ambiente, il che agevola l'operazione di laminazione. Terminata questa fase, il laminato viene racchiuso in un sacco da vuoto e lo stampo viene trasferito in un'autoclave dove avviene la reazione di reticolazione (indurimento); le condizioni di processo più comuni sono pressioni di 5-6 bar e temperature di 120-180° C. La laminazione con pre-impregnati può essere automatizzata, il che consente di aumentare la velocità, l'efficienza e la ripetibilità della produzione per componenti di grandi dimensioni, che solitamente presentano particolari difficoltà per la realizzazione a mano. I compositi ottenuti con questa tecnologia hanno contenuti di fibre molto alti, tipicamente tra il 50% ed il 65%.

Laminazione manuale

Nella laminazione manuale, la quantità necessaria di materiale di rinforzo è disposta nello stampo femmina nelle direzioni desiderate. Il materiale di rinforzo (fibre o tessuti) è quindi impregnato con il polimero miscelato con l'agente reticolante utilizzando un pennello, un rullo oppure tramite infusione o iniezione. In molti casi, gli strati depositi vengono compattati con un rullo di gomma per garantire che il materiale di rinforzo sia impregnato correttamente. Manufatti con piccoli lotti di produzione, come ad esempio scafi di imbarcazioni o elementi strutturali nell'edilizia, sono spesso prodotti in questo modo. Nella prospettiva di un miglioramento della qualità, lo stampo può essere ricoperto con un film flessibile e il vuoto può essere creato sotto la pellicola, per cui la pressione dell'aria assicura la corretta impregnazione delle fibre e la compattazione degli strati. Con la laminazione manuale è possibile raggiungere un elevato contenuto di fibre - fino a circa il 50% in volume - con quasi tutte le fibre di rinforzo solitamente in forma di stuoia, fibra tagliata o "materassino" (mat). Il mat è un rinforzo costituito da fibre corte o continue che non si intrecciano tra loro ma sono mantenute in posizione da un opportuno legante.

Spruzzatura

Il metodo più conveniente per produrre compositi in uno stampo aperto è la laminazione a spruzzo, in cui fibre tagliate e resina vengono spruzzati nello stampo. La lunghezza delle fibre è di solito inferiore ai 25 mm e il contenuto di fibra rimane basso (non più del 30% del volume). La laminazione a spruzzo è utilizzata, ad esempio, per la produzione di piccole imbarcazioni e vasche da bagno, in cui lo stampo è un guscio acrilico modellato sotto vuoto che costituirà poi la superficie visibile della vasca da bagno stessa.

Avvolgimento (FW)

Un terzo esempio della tecnologia a stampo aperto è l'avvolgimento (filament winding, FW) in cui le fibre vengono impregnate facendole passare attraverso un bagno di resina e avvolgendole poi attorno a uno stampo rotante detto mandrino. In questo modo vengono realizzati tubazioni e serbatoi per l'industria chimica e delle costruzioni, nonché per il carburante liquido o solido dei razzi spaziali.

Infusione sotto vuoto (VI)

L'infusione sotto vuoto (vacuum infusion, VI) assomiglia alla laminazione manuale in cui il materiale di rinforzo è adagiato in uno stampo e viene poi applicato il sacco da vuoto. La differenza è che la resina non viene applicata prima, ma viene iniettata nello stampo dopo l'applicazione del sacco da vuoto tramite un tubo che la aspira grazie al vuoto contenuto all'interno del sacco. Questa tecnologia consente di ridurre le emissioni di stirene nell'ambiente di lavoro rispetto alla laminazione manuale e consente di ottenere laminati con migliori proprietà meccaniche grazie al maggiore contenuto di rinforzo.

TECNOLOGIE A STAMPO CHIUSO

Stampaggio a trasferimento di resina (RTM)

Lo stampaggio a trasferimento di resina (resin transfer moulding, RTM) presenta forti analogie con lo stampaggio a iniezione dei termoplastici. In questa tecnologia la resina liquida viene iniettata in pressione tra le pareti di uno stampo, che può essere in resina o più frequentemente metallico. Il materiale di rinforzo viene posato nello stampo prima che lo stampo sia chiuso e la resina iniettata. Il metodo RTM può essere impiegato per la produzione di lotti di produzione maggiori rispetto alla laminazione manuale o all'infusione sotto vuoto, ma la dimensione dei prodotti è limitata a causa delle esigenze degli stampi e delle unità di iniezione. Il metodo RTM viene utilizzato, ad esempio, per la fabbricazione di parti delle scocche di bus o trattori.

Stampaggio a compressione

Nello stampaggio a compressione un pre-impregnato costituito da resina pre-miscelata con fibre tagliate viene introdotto in uno stampo e compresso, in modo che la massa scorra per riempire la cavità. La polimerizzazione della resina viene attivata dal contatto con le pareti riscaldate dello stampo. Questo metodo è utilizzato per la produzione di componenti per l'industria automobilistica, degli chassis di apparecchiature medicali o di dispositivi elettrici con parti complesse.

Pultrusione

Nella pultrusione le fibre vengono impregnate trascinandole attraverso un bagno di resina e fatte poi indurire in uno stampo riscaldato. Il processo è continuo, con il materiale di rinforzo impregnato che entra nella macchina da un lato e il profilo indurito - che ha la forma della sezione trasversale dello stampo - che esce dall'altro. Questo metodo è utilizzato nella produzione di una grande varietà di prodotti, dalle racchette da sci ai grandi pannelli laterali negli autobus. Durante il processo di fabbricazione il profilo continuo può essere tagliato in pezzi della lunghezza desiderata.

PER COSA SI UTILIZZANO I COMPOSITI?

I materiali compositi consentono la costruzione di strutture leggere, resistenti ed efficienti dal punto di vista energetico che possono essere utilizzate in una grande varietà di applicazioni. I moderni metodi di progettazione e fabbricazione rendono più economica l'implementazione dei materiali compositi rispetto ai materiali tradizionali, soprattutto nel lungo periodo.

Negli aerei moderni già più di metà delle strutture - anche primarie - sono realizzate con materiali compositi. In genere, utilizzando strutture in fibra di carbonio si ottengono risparmi di peso del 25% rispetto all'alluminio e di oltre il 50% rispetto all'acciaio. I compositi consentono anche la realizzazione di strutture che non sarebbero possibili con materiali tradizionali, come ad esempio le pale eoliche. È infine possibile integrare varie funzioni e proprietà in una sola struttura composita le quali, se si utilizzassero materiali tradizionali, dovrebbero essere implementate con materiali diversi.

Per tutti questi motivi, l'utilizzo dei materiali compositi continua a crescere in molte applicazioni, come l'industria automobilistica, dove sono utilizzati principalmente per aumentare l'efficienza energetica. Produrre veicoli più leggeri riduce il consumo di energia e, di conseguenza, le emissioni di gas a effetto serra (carbon footprint). Un prodotto in composito ben progettato può anche avere un ciclo di vita più lungo rispetto ad un equivalente in materiale tradizionale, in quanto gli effetti di degrado causati dall'ambiente sono di solito minori. I compositi, ad esempio, non sono soggetti a corrosione anche se per applicazioni in ambiente esterno possono richiedere uno strato di finitura superficiale che li protegga contro l'azione della radiazione UV e dell'umidità. Una grande quantità di compositi viene oggi utilizzata per applicazioni in cui i materiali tradizionali non sono adatti, ad esempio in presenza di sostanze chimicamente aggressive combinate con sollecitazioni meccaniche, come tubi, colonne e serbatoi per l'industria chimica e di processo. Un'applicazione familiare a tutti è la classica bombola di gas liquido fatta in composito che è più facile da trasportare rispetto alle bombole metalliche.

Quasi tutto può essere fatto usando materiali compositi, ma non vale la pena di usarli per tutto. In futuro, un numero crescente di soluzioni sarà realizzato con strutture ibride multi-materiale che combinano le migliori proprietà e caratteristiche di diversi materiali in un unico insieme. In alcuni campi i compositi hanno già quasi interamente sostituito i materiali tradizionali, come nelle attrezzature sportive per agonismo e nelle pale eoliche. Anche l'industria nautica utilizza sempre maggiori quantità di compositi.

Oltre all'efficienza strutturale, i materiali compositi possono anche essere più intelligenti, più funzionali e versatili di quelli tradizionali. La combinazione di nuove funzionalità nei compositi è notevolmente più facile che con i metalli e l'unico ostacolo sono i confini dell'immaginazione. I materiali compositi renderanno il mondo di domani un luogo sempre più funzionale in cui vivere.

I compositi sono completamente compatibili con il nostro ambiente e contribuiscono a rendere più efficiente l'utilizzo delle risorse naturali. Essi sono indispensabili nella produzione di energia da fonti rinnovabili ed in particolare per la costruzione di turbine eoliche o che sfruttano maree e moto ondoso. Anche se la produzione delle materie prime può richiedere un considerevole dispendio energetico - specialmente per la produzione delle fibre - i processi sono equivalenti o addirittura più puliti di quelli utilizzati per altri materiali strutturali tradizionali. I processi di conversione da materia prima a manufatto sono generalmente più semplici e con minor dispendio energetico. Il grande vantaggio dei compositi in termini di impatto ambientale, però, è dovuto alla fase del loro utilizzo, in cui la leggerezza e la durata di questi materiali presentano un grande vantaggio. Le possibilità di fine vita sono molte e non limitate alla discarica o alla macinazione: i manufatti dismessi possono essere utilizzati in modo efficiente per la produzione di altri elementi strutturali oppure per la produzione di cemento, fogli di plastica per coperture e pietre naturali. Sono già disponibili sul mercato anche fibre di carbonio riciclate, ottenute per pirolisi della resina. Anche il riciclo chimico della resina - ancora in fase di valutazione in termini di impatto ambientale - è possibile in linea di principio. In conclusione, si può prevedere che una delle principali motivazioni per l'applicazione di materiali compositi in futuro sarà la loro efficacia nella salvaguardia dell'ambiente.