

L'IMPIEGO DEI MATERIALI COMPOSITI E DELLE NANOTECNOLOGIE IN AERONAUTICA

Marco Regi*, Mario Marchetti*, Luca Amantini*

* Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Dipartimento di Ingegneria Aeronautica e Astronautica

L'impiego dei materiali nella fabbricazione dei componenti aeronautici ha rivestito sempre un ruolo fondamentale nello sviluppo e nell'evoluzione degli aeromobili. Partendo dalle prime macchine volanti realizzate con il legno e con la tela in brevissimo tempo si è passati all'utilizzo di materiali che offrissero delle caratteristiche tali da migliorare sempre di più le prestazioni dei velivoli. Sono passati appena cento anni dal primo volo dei fratelli Wright, nei quali la Scienza dei Materiali ha svolto un ruolo cardine e di primaria importanza. L'uso dei metalli permette di rispondere a tutte le esigenze richieste da un velivolo: la leggerezza, la sicurezza nonché la capacità di eseguire operazioni di manutenzione. Grazie al supporto offerto dalla Scienza delle Costruzioni Aeronautiche e dei Materiali, l'uso dell'acciaio, dell'alluminio e di altre leghe ha consentito uno sviluppo tecnologico dell'aeronautica di gran lunga superiore a molti altri settori tecnologici e in tempi relativamente brevi. In questi ultimi decenni, l'evoluzione della macchina aerea ha ricevuto un forte balzo in avanti non soltanto dai settori tipici del mondo aeronautico quali le strutture e i materiali, ma anche dallo sviluppo di nuove discipline come l'elettronica e l'informatica. Esse consentono di integrare su un velivolo dispositivi complessi con i quali gestire e monitorare tutti gli apparati di bordo.

Oggi la macchina aerea è sicuramente l'esempio più significativo di sistema tecnologico che al suo interno raggruppa tutti i settori e tutte le discipline dell'Ingegneria.

La progettazione dei sistemi spaziali (satelliti, sonde, lanciatori) ha consentito di introdurre una nuova famiglia di materiali chiamati compositi. Essi sono costituiti da una matrice (tipicamente una resina polimerica) all'interno della quale sono opportunamente distribuite delle fibre (di carbonio, di vetro, altro). A fronte di una maggiore complessità tecnologica di fabbricazione e di progettazione, un materiale composito offre delle caratteristiche, in termini di leggerezza e resistenza, tali da renderli indispensabili nella realizzazione di strutture destinate alle missioni spaziali. Il settore dei materiali compositi è relativamente giovane, quindi ancora non dispone di una conoscenza ben consolidata. Però i vantaggi che forniscono ne richiedono sicuramente l'impiego.

Durante la vita operativa di un componente aeronautico in lega metallica, oltre alla resistenza statica, due sono i punti critici: il comportamento a fatica e la corrosione. Le procedure di revisione realizzate dalle Case Costruttrici (Boeing, AIRBUS) focalizzano su questi due aspetti tutta la gestione delle parti imbarcate a bordo di un aeromobile. I materiali compositi, entro certi limiti e condizioni, presentano un ottimo comportamento alle sollecitazioni di fatica e alla corrosione. Pertanto, possono candidarsi per un massiccio impiego nel settore dell'aeronautica.

Va ricordato come tutta la vita di un componente aeronautico (dalla progettazione, alla fabbricazione, alla fase operativa) sia controllata dagli Enti Certificatori (FAA, ENAC) al fine di garantire degli elevatissimi standard di affidabilità. La gestione di un componente in lega metallica, oggi, è un processo ben consolidato che permette di ridurre al minimo gli incidenti dovuti esclusivamente a un comportamento anomalo del materiale. È la parte gestionale dell'aereo a influenzare, in maniera a volte drammatica, la sicurezza del volo.

L'impiego dei materiali compositi in aeronautica attualmente presenta una netta distinzione tra il settore commerciale dei grandi velivoli e quello amatoriale degli ultraleggeri. Per velivoli piccoli, l'uso dei compositi è predominante in quanto permette di ridurre drasticamente i pesi senza influenzare la sicurezza e l'affidabilità. Questo è legato alle condizioni operative di un ultraleggero che sono del tutto diverse da quelle di un velivolo commerciale di grandi dimensioni. Nel primo caso anche parti strutturali di primaria importanza (es. la fusoliera) vengono realizzate in composito, mentre nei grandi velivoli il loro impiego è più ristretto a elementi meno critici (applicazioni tipiche sono gli honeycomb in alcune superfici di controllo).

Attualmente è in corso lo sviluppo di importanti Piani di Ricerca Europei e Americani finalizzati allo studio e alla realizzazione di parti strutturali critiche di grandi velivoli in materiale composito (es. Boeing 7E7). La previsione è quella di disporre nei prossimi due decenni di tutte le tecnologie e conoscenze che permettano di sostituire gli attuali materiali in lega metallica. Elementi come le ordinate di forza, i correnti delle fusoliere, nonché i longheroni delle ali sono direttamente coinvolti in questo lungo e non banale processo evolutivo del velivolo. La transizione da una lega a un composito polimerico (resina più fibra) sarà caratterizzato anche dall'uso dei cosiddetti Compositi Ibridi costituiti da una matrice metallica contenente al suo interno le fibre. Pertanto, è realistico prevedere un rapido e massiccio impiego dei compositi polimerici e metallici. Nell'ambito di quanto appena descritto, va sottolineato che ad esempio sono stati realizzati dei test sulle aste di controventatura dei carrelli principali d'atterraggio di alcuni caccia militari, realizzate con i compositi ibridi. I risultati delle prove hanno evidenziato un eccellente comportamento sia dell'elemento che di tutto il velivolo. Lo sviluppo del 7E/ Boeing costituisce un'ulteriore conferma di come il materiale composito stia gradualmente rivestendo un ruolo sostanziale nel design di un moderno velivolo.

Molta attenzione viene anche posta nell'uso di elementi a basso impatto ambientale come le fibre di canapa.

Il processo che permetterà una concreta introduzione dei materiali compositi sui grandi velivoli commerciali sarà comunque lungo in quanto coinvolgerà non soltanto l'aspetto puramente tecnico, ma anche le Autorità Aeronautiche Internazionali per la definizione di tutte le normative di certificazione dei processi tecnologici, dei componenti stessi e

dei criteri di gestione operativa e di manutenzione (overhaul & maintenance). Non va però dimenticato come oggi l'uso dei compositi già riveste un ruolo cardine in alcuni settori aeronautici come ad esempio nel caso delle pale degli elicotteri che vengono realizzate tutte in composito.

Un settore che può fornire un valore aggiunto all'aeronautica è quello delle nanotecnologie, ossia nell'impiego di materiali innovati aventi dimensioni nanometriche (un nanometro è la milionesima parte di un metro). Nel campo delle strutture parlare di nanotecnologie significa parlare principalmente di nanotubi in carbonio, ovvero di una struttura microscopica a forma di tubo, costituita da soli atomi di carbonio uniti fra loro dal legame chimico più forte in natura (il legame covalente). Quindi, con delle proprietà meccaniche/termiche/elettriche teoriche che nessun altro materiale è in grado teoricamente di fornire. Attualmente, tutti i settori dell'Ingegneria stanno vivendo un forte impulso nella sviluppo di sistemi basati sull'uso delle nanotecnologie. Per i velivoli e i sistemi spaziali si pensa alla realizzazione di una nuova generazione di materiali compositi con i nanotubi in carbonio (compositi nanostrutturati). Anche se attualmente il loro impiego è ancora delimitato nell'ambito della Ricerca di base, a livello mondiale tutto il settore Accademico e Industriale sta focalizzando l'attenzione su un reale utilizzo dei nanotubi in tempi non particolarmente lunghi. Con una realistica probabilità che il loro impiego possa accelerare l'uso dei compositi per i componenti aeronautici primari. Ancora non esiste la capacità di realizzare elementi di un velivolo con i nanotubi in carbonio in quanto i fenomeni e i processi alla base della loro produzione ancora non sono del tutto noti e controllabili, ma ciò non toglie che le attuali conoscenze in questo settore sono in grado di sviluppare dei Programmi di Ricerca all'interno dei quali le nanotecnologie del carbonio vengono testate nell'ambito dei compositi per applicazioni aerospaziali. I limiti attuali sono concentrati nelle ridotte quantità di materiale nanostrutturato sintetizzabile (a fronte di una richiesta enorme nel campo delle grandi strutture aeronautiche), dei relativi costi e di tutti gli aspetti realizzazione di un composito nanostrutturato che fornisca prestazioni e affidabilità notevoli. Attualmente l'uso di materiali tradizionali è ancora economicamente e tecnologicamente più vantaggioso rispetto all'impiego di uno nanostrutturato.

L'impiego selettivo e radicale dei compositi (tradizionali e del tipo nanotec) in aeronautica comporterà:

- una sensibile riduzione nei pesi della struttura a favore dell'incremento del carico utile
- maggiore resistenza e rigidità del componente rispetto a quella offerta dai materiali aeronautici fino ad ora impiegati
- ridefinire tutti i criteri di Certificazione del componente aeronautico e tutte le procedure di manutenzione e revisione legate al diverso comportamento in fase operativa
- incremento delle proprietà del materiale e quindi del comportamento (strutturale, termico, chimico, meccanico, elettromagnetico, etc.), di tutti gli apparati e dispositivi del velivolo costituiti con questi materiali innovativi
- le ditte di manutenzione dovranno subire cambiamenti significativi in quanto la manutenzione del componente in composito richiede strumenti e apparecchiature del tutto diversi da quelli impiegati per le leghe
- stabilire, in termini teorici/sperimentali e operativi, i nuovi limiti vita, espressi in ore e cicli di volo, dei componenti in compositi e dei sistemi su cui sono installati. Definire nuovi standard di sicurezza e qualità nonché gli intervalli tra una sosta di manutenzione e la successiva.

Se gli attuali studi e ricerche forniranno risultati significativi, nei prossimi anni, il mondo dell'aeronautica potrà subire un notevole salto di qualità nelle prestazioni e nelle caratteristiche dei velivoli, grazie all'introduzione di materiali e tecnologie (nano) del tutto innovative che apporteranno notevoli benefici anche in molti altri settori dell'Ingegneria.