



# La rivoluzione delle eliche aeronautiche in composito:

La tecnologia avanzata delle pale delle eliche in fibra di carbonio composita di Hartzell

## **La rivoluzione delle eliche aeronautiche in composito: La tecnologia avanzata delle pale delle eliche in composito di Hartzell**

Con una storia che risale ai fratelli Wright, Hartzell Propeller è da tempo all'avanguardia nella tecnologia delle eliche aeronautiche. Man mano che gli aeromobili sono diventati sempre più complessi – e con l'emergere della Mobilità Aerea Avanzata (Advanced Air Mobility, AAM) e del volo elettrico/ibrido – Hartzell ha continuato a guidare il settore con innovative pale delle eliche in composito strutturale che utilizzano materiali all'avanguardia e processi di progettazione e produzione avanzati.

### **L'evoluzione delle pale in composito di Hartzell**

Hartzell ha introdotto le pale d'elica in "Hartzite", un composito fenolico fibrorinforzato, nel 1944. Queste eliche sono state installate su Republic Seabee, North American Navion e su altri velivoli.

Nel 1978, Hartzell Propeller ha prodotto la prima pala in composito a struttura primaria certificata, un vero e proprio progetto monoscocca con Kevlar®/resina epossidica stampato a compressione su un nucleo di schiuma. Certificata per la prima volta sul velivolo CASA 212, la tecnologia delle pale in composito di Hartzell rappresentò un'innovazione industriale che avrebbe segnato il futuro della propulsione aeronautica.

La pala CASA 212 ha rappresentato il primo esemplare di quella che oggi viene definita la famiglia di pale in composito "Legacy" di Hartzell. Esistono sedici diversi progetti aerodinamici unici "Legacy", utilizzati su 24 diverse installazioni certificate, tra cui Beech 1900C e D, Short SD3-60, Dornier Do328 e Pilatus PC-21. La linea Legacy è ancora in produzione con oltre 20.000 pale prodotte. Molte delle pale originali CASA 212 sono ancora in servizio con oltre 50.000 ore TSN. Negli anni Novanta è stato introdotto nella famiglia Legacy il laminato in carbonio/epossidico. L'aggiunta del carbonio ha incrementato le capacità del progetto, consentendo alle pale in composito di essere utilizzate su installazioni più impegnative. I design in carbonio sono in produzione anche per gli hovercraft di grandi dimensioni.



*Elica composita di  
Hartzell di prima  
generazione*

## Tecnologia composita di nuova generazione: ASC-II

Quando le prime eliche in composito sono state lentamente adottate nell'industria aerospaziale e della difesa, è emersa la necessità di apportare miglioramenti per ridurre gli elevati costi del processo di produzione. Il team tecnico di Hartzell Propeller ha raccolto la sfida, affinando i materiali e le tecniche di produzione per realizzare pale in composito più economiche.

Nel 2006, Hartzell ha introdotto la seconda generazione di pale in composito strutturale avanzato (Advanced Structural Composite, ASC-II), utilizzando un processo di stampaggio a trasferimento di resina e materiali compositi in fibra di carbonio di livello aerospaziale.

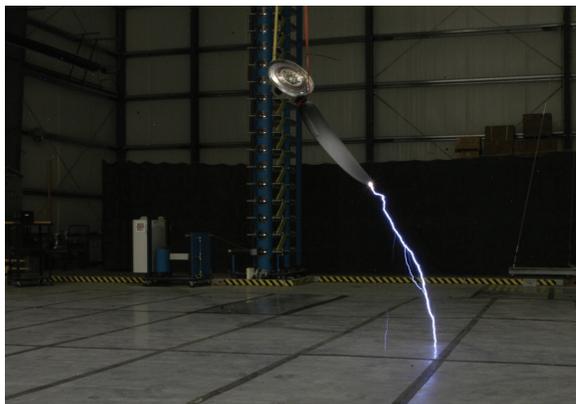
La pala ASC-II è costituita da un'esclusiva struttura monoscocca di laminati in fibra di carbonio su un'anima in schiuma a bassa densità, integrata in un gambo in acciaio inossidabile co-stampato. Il bordo di attacco, al di fuori dell'impianto antighiaccio, è protetto da uno scudo antierosione in nichel co-stampato elettroformato per attenuare i danni causati dall'acqua e dagli oggetti estranei (Foreign Object Damage, FOD). Oltre a sopportare carichi di lavoro estenuanti, le pale sono progettate e testate per resistere agli effetti diretti dei fulmini. I test sui fulmini vengono eseguiti anche su eliche con impianto antighiaccio per garantire che il sistema del velivolo sia protetto dagli effetti indiretti dei fulmini. Ogni nuovo progetto di pala viene sottoposto a prove di impatto per dimostrare la capacità di tollerare gli urti da parte degli uccelli.

L'innovativa tecnologia ASC-II di Hartzell è stata lanciata con Cirrus SR-22T e da allora è stata utilizzata su 35 diversi codici articolo di pale, 14 diversi certificati di tipo di elica e 30 diversi certificati di tipo di velivolo. Ad oggi, utilizzando questi materiali avanzati e processi produttivi proprietari sono state prodotte oltre 45.000 pale di eliche in composito ASC-II.



*Elica in composito  
ASC-II*

## La tecnologia composita di Hartzell

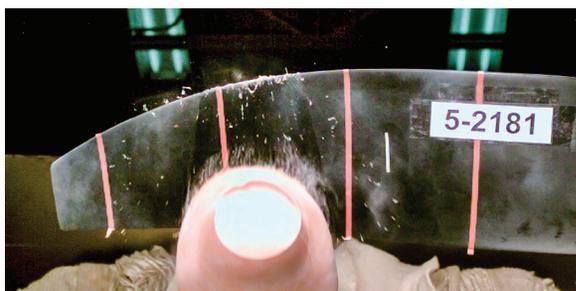


Test di fulminazione ad alta tensione

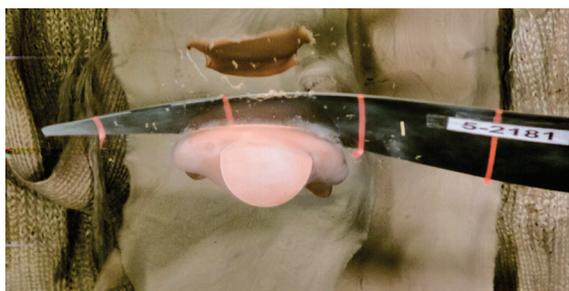


Test di fulminazione ad alta corrente

**20**  
QUALIFICHE  
NEI TEST DI  
FULMINAZIONE



Test di urto con gli uccelli con peso di 4 libbre



Urto con gli uccelli effettivo

**200+**  
TEST DI URTO CON  
GLI UCCELLI

PALE CON  
**50,000+** ORE DI VOLO  
ANCORA OGGI IN VOLO

TEAM DEDICATO ALLA PROGETTAZIONE, ALLA PRODUZIONE E AI SERVIZI IN COMPOSITO

## I materiali contano: Composito in fibra di carbonio aerospaziale vs. Anima in legno

Non tutte le pale di eliche in composito sono fatte allo stesso modo. A differenza di alcune eliche presenti sul mercato, le pale in composito di Hartzell Propeller sono progettate utilizzando materiali aerospaziali moderni, come la fibra di carbonio strutturale su anime in schiuma di uretano – e non sottili strati ambientali di composito su un'anima di legno.

### Materiali migliori per prestazioni migliori

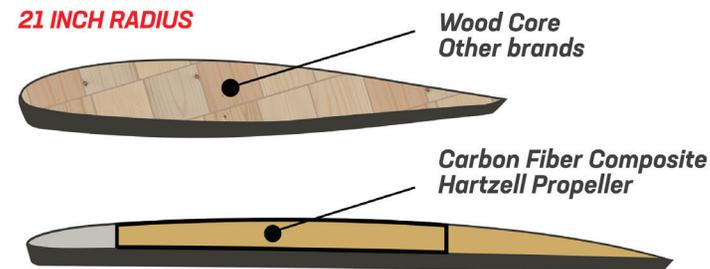
L'utilizzo di materiali in fibra di carbonio intrecciata permette a Hartzell di fornire eliche ottimizzate per i propri clienti, pur rispettando i severi requisiti di resistenza e durata. La fibra di carbonio Hartzell è 10 volte più resistente dell'abete e 5 volte più resistente delle anime di faggio selezionate da altri produttori. Questo vantaggio in termini di resistenza consente ai progettisti di Hartzell di costruire eliche più robuste ed efficienti rispetto a quelle di altri produttori.

### Design aerodinamico

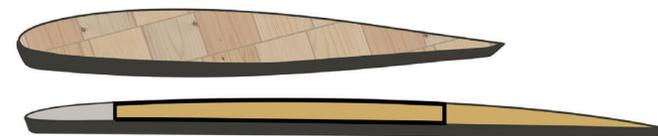
Le pale in fibra di carbonio sono significativamente più sottili di quelle in legno laminato, generando di conseguenza una minore resistenza aerodinamica. I materiali compositi avanzati di Hartzell consentono di realizzare profili aerodinamici più larghi e più sottili, in grado di sopportare il carico strutturale necessario per un funzionamento ottimale del velivolo, e di realizzare design molto diffusi come la pala a scimitarra con la punta rivolta verso l'alto.

In questo modo, le pale aerodinamiche in composito di Hartzell possono garantire più spinta a fronte di una migliore accelerazione.

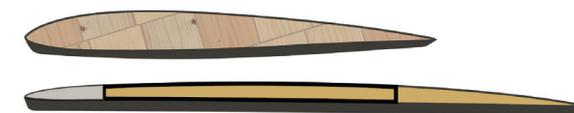
**21 INCH RADIUS**



**24 INCH RADIUS**



**35 INCH RADIUS**



## Risparmio di peso

Rispetto alle eliche in alluminio, le eliche in composito di Hartzell offrono una maggiore robustezza, una migliore resistenza ai danni e una significativa riduzione del peso. Grazie al peso inferiore e al corrispondente minor momento d'inerzia, le eliche in composito possono anche consentire un numero di pale più elevato, che può migliorare le prestazioni in tutti gli spettri del volo, soprattutto per gli aerei più potenti.

## Durata

Le pale delle eliche in composito di Hartzell sono progettate per essere robuste e resistenti agli urti, il che le rende ideali per le operazioni fuori aeroporto e in campagna. In particolare, il sistema di ritenzione a cuneo e i gambi in acciaio inossidabile sono molto più durevoli rispetto al design alternativo in alluminio/vite mordente a testa quadra.

## Assorbimento dell'umidità

Le eliche con anima in legno sono molto sensibili all'assorbimento dell'umidità, che può portare a uno squilibrio e a una significativa riduzione della resistenza del legno. Per questo motivo, alcune pale con anima in legno devono essere restituite alla fabbrica nel caso in cui il rivestimento protettivo sia usurato o danneggiato al punto da esporre il legno.



*Danni riparabili da urto con uccelli*



*Danni irreparabili alle funi di ancoraggio di un concorrente*

## Facilità di riparazione

Un ulteriore punto a favore è il vantaggio di manutenzione offerto dalle pale in materiale composito di Hartzell. Molto spesso, piccole scalfitture, graffi e ammaccature sulle pale in materiale composito di Hartzell soddisfano i criteri di idoneità al volo. Ciò consente di continuare a volare fino a quando le piccole riparazioni possono essere eseguite in volo da un A&P o da un riparatore in un'officina Parte 145 utilizzando gli strumenti e i kit comunemente disponibili presso Hartzell.

Quando sono necessarie riparazioni importanti o eseguibili solo in stabilimento, le pale in composito di Hartzell possono essere riportate alle condizioni di fabbrica, consentendo un significativo aumento della vita utile rispetto alle pale con anima in metallo o legno. Infatti, le pale strutturali in composito di Hartzell sono certificate per una durata illimitata e possono essere riparate in loco o presso oltre 30 officine di revisione in tutto il mondo, compreso il modernissimo Centro Assistenza di Hartzell.



*Esempi di danni aerei  
alle pale in composito*

## **Il passaggio: Uno sguardo più da vicino alle conversioni delle eliche in composito**

Le eliche in fibra di carbonio sono oggi il segmento in più rapida crescita della tecnologia delle eliche, grazie ai vantaggi che offrono in termini di risparmio di peso, prestazioni, resistenza e durata superiori.

Di conseguenza, molti produttori di aeromobili scelgono le eliche in composito come equipaggiamento standard dei loro velivoli e migliaia di proprietari e operatori di aeromobili hanno scelto di passare dalle eliche in alluminio alle più avanzate pale in composito attraverso il Programma di conversione delle eliche Top Prop STC di Hartzell. Inoltre, diverse aziende che offrono conversioni o modifiche ai motori collaborano con Hartzell per far approvare un'elica Top Prop con la loro modifica del motore STC.

## **Il percorso di certificazione delle eliche aeronautiche in composito**

Il sistema di gestione della qualità di Hartzell è approvato dalla FAA e certificato AS9100C per mantenere i più alti standard di qualità e sicurezza durante i processi di progettazione, ingegnerizzazione, produzione e collaudo.

Le eliche di Hartzell per i velivoli certificati soddisfano i rigorosi standard di sicurezza, prestazioni e idoneità al volo stabiliti dagli enti normativi. Tutte le eliche certificate hanno dimostrato di essere conformi al Codice dei Regolamenti Federali Titolo 14, Parte 35, "Standard di idoneità al volo: Eliche". Le successive certificazioni estere sono convalidate dalle autorità dell'aviazione civile di ciascun Paese.



## Eliche per installazioni sperimentali

Hartzell applica alle eliche destinate al mercato sperimentale gli stessi standard di qualità e resistenza di quelle destinate al mercato certificato.

## Il processo di collaudo in volo di Hartzell

Con un team dedicato di esperti di certificazione e un'autorizzazione alla designazione dell'organizzazione (Organization Designation Authorization, ODA) da parte della FAA, Hartzell ha affrontato con successo il meticoloso processo di certificazione per produrre centinaia di eliche certificate idonee al volo.

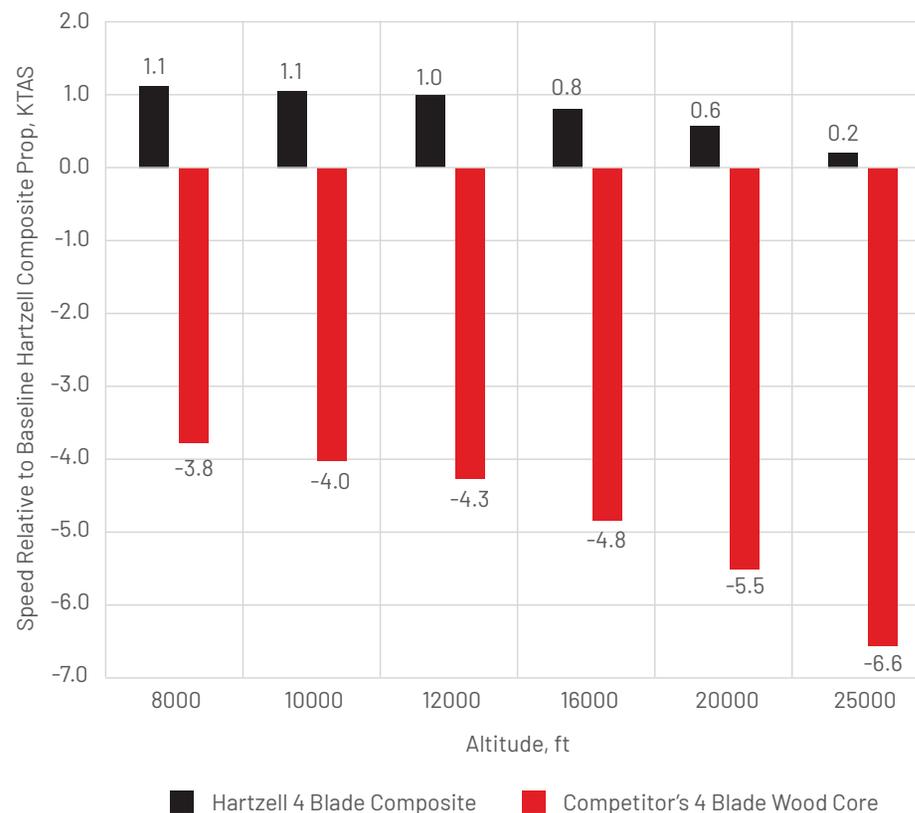
Ad esempio, per un recente composito STC a 4 pale, Hartzell ha testato in volo tre diversi velivoli Cirrus SR22T per un totale di quasi 100 ore di volo. Il meticoloso processo di test ha messo a confronto quattro diversi modelli di eliche, tra cui la versione di base di Hartzell a 3 pale in composito dell'aereo, un nuovo prototipo di progetto a 3 pale, il nuovo progetto a 4 pale in composito e un STC a 4 pale con anima in legno della concorrenza.

La nuova versione a 4 pale ha superato le altre eliche in diverse aree chiave del volo, tra cui prestazioni di salita migliori del 5%, una riduzione del rumore di 2 dB(A) e, cosa più significativa, una velocità superiore di 4 nodi rispetto alle altre eliche a 4 pale nella velocità di crociera, come indicato nel grafico allegato.

Grazie ai test di volo in condizioni reali, Hartzell garantisce che le sue eliche in composito siano ottimizzate per garantire sicurezza, affidabilità ed efficienza in ogni scenario e fase di volo.

## Cirrus SR22T Cruise Performance

85% Power, ISA, 3600 lbs



## Il futuro del volo: Soluzioni di eliche in composito per la mobilità aerea avanzata

Con decenni di esperienza nella progettazione e produzione di pale strutturali in composito, Hartzell Propeller continua a innovare e ottimizzare i propri processi, sfruttando sofisticate analisi ingegneristiche e capacità di test di volo per progettare profili migliori per gli aerei di prossima generazione.

Dal 2019, Hartzell ha dedicato decine di migliaia di ore di ingegneria e sviluppo ai velivoli elettrici, ibridi e a idrogeno, con diversi programmi importanti in corso. Le eliche in composito si sono già rivelate fondamentali per velivoli elettrici/ibridi come Alice completamente elettrico di Eviation ed eBeaver di Harbor Air, che richiedono una soluzione di propulsione leggera per contrastare il peso aggiuntivo delle batterie.

L'innovativo insieme di sofisticate analisi ingegneristiche, capacità di certificazione e tecnologie di produzione di livello mondiale continua a fare di Hartzell Propeller il leader mondiale nella progettazione e produzione di eliche – nonché un partner ideale per i programmi AAM che cercano soluzioni di propulsione personalizzate.



*eBeaver di Harbor Air*



*Alice di Eviation*



### Richiedi maggiori informazioni

Per saperne di più sulla più recente tecnologia delle eliche in composito di Hartzell Propeller e sulle applicazioni STC, [contattaci](#), e ti metteremo in contatto con i nostri esperti di eliche.

Per informazioni sui sistemi di eliche in fibra di carbonio composita avanzata di Hartzell, invia un'e-mail a Mitch Heaton all'indirizzo [mheaton@hartzellprop.com](mailto:mheaton@hartzellprop.com).

