



## **MODULAR BLADE ENGINEERING PROPELLER**

### **Studio di fattibilità per la realizzazione di pale modulari a profilo complesso**

#### **Premessa**

L'obiettivo del presente studio è quello di individuare un nuovo percorso produttivo per la realizzazione di eliche di tipo "custom", in particolare per motor yachts o altre tipologie di imbarcazioni performanti. Queste eliche sono destinate ad una tipologia di imbarcazioni che non si possono definire costruite "in serie" ma differiscono una dall'altra per dimensioni, pesi e prestazioni richieste. Attualmente, le eliche realizzate "su misura" destinate a questo tipo di imbarcazioni, vengono progettate con sistemi informatici molto sofisticati, ma costruite interamente a mano con tecnologie vecchie di 50 anni. Il nostro scopo non sarà quello di aumentare le prestazioni di questo tipo di eliche dato che i progetti e le forme sono frutto di sofisticate tecnologie, ma di adeguare il sistema costruttivo alle tecnologie industriali odierne.

#### **Studio di mercato preliminare**

Nella prima fase di progetto è stata eseguita un'attenta analisi del mercato raccogliendo dati presso cantieri produttori d'imbarcazioni e fabbricanti di eliche e linee d'asse. Da questa ricerca preliminare è stata definita la tipologia di elica ed il target di mercato sul quale concentrare le energie. Questa prima fase, molto importante, ci ha permesso di definire i parametri economici su cui lavorare onde evitare di sprecare risorse verso percorsi che non portano a nulla. Il risultato è l'individuazione di un'elica "tipo" per una determinata imbarcazione rappresentativa del mercato potenziale del prodotto oggetto di questo studio.

#### **Definizione parametri economici**

Lo scopo di questa ricerca è quello di definire un nuovo percorso produttivo per quanto riguarda una particolare tipologia di eliche.

E' importante che il nuovo processo produttivo, non sia valido solo dal punto di vista tecnico, ma anche e soprattutto competitivo dal punto di vista economico rispetto a quanto si produce oggi.

Abbiamo fatto un'analisi dettagliata dei costi industriali che incidono sulla costruzione dell'elica "tipo" scelta come riferimento comparativo.

Il costo finale di tale elica costruita artigianalmente è di circa Euro 2.600,00.

#### **Progetto tecnico preliminare**

L'idea di partenza per innovare il processo produttivo delle eliche è stata di scomporre l'elica nelle sue parti essenziali: mozzo e pala.

La produzione dei singoli componenti è più semplice rispetto a quella dell'elica intera.

La parte più complessa di questo progetto sarà la progettazione del mozzo e del piede di pala.

Ci siamo posti come parametro tecnico principale quello di non eccedere nel dimensionamento del mozzo ma di mantenere lo stesso diametro di quello della stessa elica tradizionale monoblocco.

#### **Progetto e dimensionamento dell'elica**

Il primo passo per sviluppare un progetto innovativo del mozzo, è quello di progettare l'elica sulla base dei dati tecnici dell'imbarcazione: dimensioni, peso, potenza, velocità ecc.

Il progetto è stato eseguito dallo staff ingegneristico del CETENA di Genova, utilizzando sistemi informatici all'avanguardia, che hanno permesso di definire le prestazioni e le sollecitazioni che insistono sulle varie parti dell'elica.

Questo studio delle sollecitazioni è stato fondamentale per progettare il mozzo e l'ancoraggio delle pale allo stesso.

## **Percorsi progettuali per mozzo ed ancoraggio pale**

Sulla base dei dati relativi a pressioni e sforzi sulle pale dell'elica, abbiamo progettato alcuni tipi di mozzo ed ancoraggio pale.

Per ogni progetto è stata fatta una verifica ingegneristica strutturale con software di calcolo "ad elementi finiti" onde verificarne la robustezza.

In seguito, abbiamo fatto delle analisi tecnico-economiche, per valutare le problematiche produttive ed i relativi costi.

## **Progetto esecutivo elica a pale modulari**

A seguito di un'attenta analisi dei vari progetti di mozzo ed ancoraggio pala, abbiamo sviluppato quello che offriva maggiori garanzie di sicurezza e semplicità costruttiva.

Questo progetto, rispetto agli altri, oltre a permettere la costruzione dell'elica per elementi singoli, introduce un'ulteriore innovazione: un nuovo sistema di bloccaggio dell'elica sull'albero.

Il bloccaggio dell'elica sull'albero, non avverrà più con il sistema tradizionale conico, ma con opportuni anelli di trascinatori.

Questa innovazione, semplifica ed elimina completamente la tradizionale lavorazione dell'asse portaelica necessaria al fissaggio dell'elica.

In termini economici si traduce in ulteriore vantaggio dell'elica modulare rispetto all'elica tradizionale.

## **Definizione sistema costruttivo**

In questa fase abbiamo valutato l'utilizzo di vari materiali per quanto riguarda la costruzione delle pale.

Sono stati scartati i materiali compositi quali fibre di carbonio che non apportano sostanziali vantaggi tecnici, ma apportano aggravio di costi in mano d'opera e in materiali. Inoltre vista la fragilità agli shock, riducono la sicurezza rispetto ad eliche metalliche che "si piegano, ma non si rompono" in casi di urti accidentali.

Abbiamo ipotizzato di costruire le pale in lega di bronzo NiBrAL ed il mozzo in acciaio inossidabile.

## **Costruzione prototipi**

Procedimento 1: abbiamo realizzato un modello della pala in resina episodica fotoindurente grazie ad una speciale macchina per prototipazione rapida utilizzando il disegno su file 3D.

Con questo modello sono state prodotte delle fusioni di bronzo delle pale utilizzando lo stesso per creare lo stampo "in terra".

Procedimento 2: abbiamo costruito un modello "su placca" per realizzare delle fusioni "in sabbia".

Anche questo modello è stato realizzato a partire da file 3D di progetto, elaborato tramite CAM e fisicamente costruito su fresatrice CNC.

Sono state prodotte le fusioni delle pale in lega di bronzo NiBrAL e successivamente lavorate su macchina CNC per crearne l'ancoraggio al mozzo.

Abbiamo realizzato gli elementi cilindrici costituenti il mozzo in acciaio AISI 316 tornito su macchina CNC.

Infine abbiamo fatto le opportune prove di montaggio in officina.

Il montaggio dell'elica dal peso finito di circa 50 kg si è rivelato particolarmente semplice ed eseguibile da una persona sola senza l'ausilio di mezzi di sollevamento.

## **Analisi costi industriali elica modulare**

Avendo costruito dei prototipi, il loro costo a consuntivo, si è rivelato particolarmente elevato.

Questo ci ha però permesso di elaborare delle proiezioni che con buona approssimazione dovrebbero rispecchiare i costi industriali per produrre "a regime" le eliche seguendo tale processo.

Il costo industriale per la costruzione di un'elica di questo tipo risulta Euro 1.739,00.

## Confronto tra elica tradizionale monoblocco fatta a mano ed elica modulare costruita industrialmente

Il costo per la costruzione dell'elica con l'attuale sistema tradizionale è di Euro 2.600,00

Il costo per la costruzione della stessa elica di tipo modulare è di Euro 1.739,00

Da quanto sopra si evince un risparmio superiore al 30% della costruzione MBE rispetto al sistema tradizionale. Questo dato è puramente indicativo e va preso con le opportune cautele. In effetti la produzione di eliche con sistema MBE necessita un notevole investimento in macchinari, tecnologie e personale qualificato; questi costi vanno poi ripartiti sul numero di pezzi prodotti.

### Confronto tecnico

	<b>Elica prodotta artigianalmente</b>	<b>Elica prodotta con processo MBE</b>
<b>Progettazione</b>	Eseguita con software CFD	Eseguita con software CFD
<b>Costruzione modello per fonderia</b>	Eseguita e/o con fresatrice CNC	Eseguita con fresatrice CNC o macchina per "prototipazione rapida"
<b>Lavorazione mozzo</b>	Eseguita con tornio parallelo o frontale di adeguate dimensioni	Eseguita con piccolo tornio CNC
<b>Lavorazione pale</b>	Eseguita totalmente a mano Controllo geometria e correzione "a mazzate" Asportazione sovrametallo di fusione e levigatura con "smerigliatrice a mano"	Esecuzione automatizzata con fresatrice CNC

### Conclusioni

L'obiettivo del presente "studio di fattibilità per industrializzazione, modellazione e manifattura di pale modulari a profilo alare e geometria complessa" è stato raggiunto.

Abbiamo dimostrato che è possibile costruire un'elica di tipo "Custom" utilizzando mezzi tecnologici avanzati a prezzi competitivi.

La lavorazione non è più di tipo prettamente manuale dove la qualità è direttamente proporzionale alla mano di chi esegue il lavoro e la capacità produttiva proporzionale alla quantità di addetti.

Le eliche così prodotte qualitativamente più uniformi, la quantità dipende dall'investimento in macchinario.

Il disegno innovativo di elica scomponibile modulare, oltre ad offrire dei vantaggi dal lato produttivo, apporta notevoli vantaggi pratici:

- le pale dell'elica possono essere sostituite singolarmente a seguito danneggiamento per urto accidentale.

Le pale di scorta possono agevolmente essere sistemate a bordo con minimo ingombro (per il fabbricante di eliche significa un plus commerciale, con la possibilità di fornire l'elica con due pale di scorta).

- Il sistema di ancoraggio dell'elica modulare all'albero tramite calettatori ad espansione, elimina la tradizionale lavorazione conica con filettatura e fresatura per la chiavetta con riduzione del costo della linea d'asse.