

Struttura alare con D-Box senza longheroni

Spar less D-Box for wing structure

Bruno Murari

Introduzione

Sono sempre stato affascinato dall'utilizzo dei materiali compositi e dalle prestazioni che questi permettono di ottenere, con particolare riguardo al rapporto robustezza / peso.

Gli aeromodellisti dell'est ed in particolare i russi hanno imposto il loro tipo di costruzione di ali, per modelli ad elastico e veleggiatori da volo libero caratterizzato dall'uso intensivo di carbonio e kevlar per i longheroni il D-Box e la copertura delle centine.

Ho costruito parecchie ali per modelli ad elastico sullo stile russo con successo, anche se confesso di non essere mai riuscito a scendere sotto i 55gr (peso un po' elevato anche per ali da 1.80m di apertura).

Nel 1992 ebbi l'occasione di costruire un elica in carbonio con anima in Roacell ricavata da uno stampo in resina che l'amico Rossani mi preparò, utilizzando come modello una pala di una mia elica. Il risultato fu talmente valido per quanto riguarda la robustezza, la finitura, la simmetria delle pale, l'elasticità, anche se il peso risultò leggermente superiore alle versioni in balsa, che pensai di usare lo stesso processo per costruire il D-Box dell'ala.

Analizzando la struttura dell'ala alla russa si nota come lo sforzo di flessione sia supportato praticamente dal solo longherone, mentre la torsione è controllata dal solo D-Box, tenendo conto che normalmente le centine non sono poste con struttura geodetica, e perciò non contribuiscono, se non in minima parte, a contrastare gli sforzi di torsione.

Poiché la struttura in stampo, con anima in schiuma (Roacell o polistirolo espanso), evita

che la pelle del D-Box si fletta all'interno quando questo è sottoposto a sforzo, come accade con una struttura a centine, pensai di sfruttare il D-Box stesso per entrambe le funzioni di anti-flessione e anti-torsione.

È chiaro che per sopportare correttamente lo sforzo di flessione è necessario usare del carbonio unifilare in uno o più strati con il filato nel senso dell'apertura. Per irrigidire il D-Box lo strato di kevlar carbonio va ruotato di 45°.

L'ala per modello ad elastico modello F1B

La struttura del tratto centrale è molto semplice essendo costituita da un'anima in Roacell da 30gr/dm³ ricoperta da uno strato di carbonio da 0.08mm unifilare di origine russa, e da un secondo strato in kevlar da 45gr/m² posto a 45° a scopo antitorsionale.

La parte di estremità è ancora più semplice in quanto l'anima, sempre in Roacell, è ricoperta solo dallo strato di carbonio unifilare.

Il profilo del D-Box è ottenuto tamponando il Roacell, una volta fissato al piano di lavoro in vetro con nastro biadesivo.

Su questa anima vengono avvolti lo strato di carbonio unidirezionale da 0.08mm e quello di kevlar a 45° dopo averli impregnati con resina AV5052 polimerizzata con indurente AV5052HV.

Cura particolare va posta nella riduzione della quantità di resina dopo averla stesa sui due strati separati. Questa operazione di "asciugatura" va eseguita utilizzando fogli di giornale adagiati sopra ad ogni strato ed un rullo di gomma con il quale si preme fortemente al di sopra della carta per imbibirla di resina. In questo modo la resina residua può arrivare a pesare solo il 50% del peso del filato.

Lo stampo per il D-Box

Il modello del D-Box perfettamente rettangolare, è realizzato in due parti: la parte inferiore in compensati da 0.8mm largo 30mm e lungo 550mm; la parte superiore è in balsa, anch'esso perfettamente rettangolare, largo 25mm (pari alla lunghezza voluta all'attacco dell'ala) e lungo come la parte inferiore 550mm.

Detto modello è sempre realizzato per tamponatura su un piano di lavoro in vetro spesso 15mm e su di questo fissato durante le varie fasi di lavorazione mediante nastro biadesivo.

Le varie operazioni per ottenere lo stampo in resina CIBA XG238 e induritore XG239 sono indicate nella sequenza di disegni riportati in Fig. 1.

Una buona tempera può essere ottenuta utilizzando un phon da capelli o una pistola ad aria calda (Consiglio di non superare i 50-60°C di temperatura per evitare eccessive tensioni tra resina ed alluminio dovute a differenti coefficienti di dilatazione lineare. Per lo $\alpha = 25 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$, per la resina il coefficiente non è noto).

Processo di lavorazione

Prima di procedere alle operazioni di resinatura è necessario costruirsi 4 controstampi di riempimento in legno (balsa o legno duro) o meglio in plexiglas se l'ala ha forma rastremata.

Detti controstampi servono per utilizzare un solo stampo per i 4 D-Box di un ala, adattando solo la larghezza voluta a complemento della corda del D-Box con la corda della cavità. Naturalmente tutte le parti che servono solo per dare forma devono essere spalmate con cera distaccante onde evitare spiacevoli inconvenienti di incollaggio indesiderato.

Stendere un foglio di macrofoil spesso $5\mu\text{m}$ sull'unifilare di carbonio che deve essere leggermente abbondante, resinare e poi asportare l'eccesso di resina con carta da giornale e rullo in gomma come indicato in precedenza.

Procedere separatamente con il secondo strati di kevlar a 45° nello stesso modo e dopo la "asciugatura" sovrapporre i due strati. Avvolgere l'anima in Roacell con questo sandwich di componenti e inserirlo nella cavità dello stampo che, una volta chiuso deve essere pressato con morsetti o viti.

È opportuno che l'anima in Roacell sia leggermente abbondante (uguale al profilo finale) per cui lo spessore degli strati sovrapposti schiacciandola schiuma permettendo alla ricopertura di aderire perfettamente alle pareti dello stampo.

Una volta polimerizzata la resina la forma rimarrà inalterata.

Risultati

In Tab.1 sono riportati i pesi parziali e totali di un ala da elastico. La robustezza è notevole sia a torsione sia a flessione. L'ala finita con centine in balsa, rivestimento in carbonio così come il bordo di uscita da $2.5 \times 0.8\text{mm}$ viene a pesare 46gr con una ricopertura in plastica bianca per lavagne di tipo flip-chart del peso di $25\text{gr}/\text{m}^2$.

Pesi del D-Box per modello ad elastico F1B

Tratto centrale	Pesi gr
Anima in Roacell cm50x25⇒1,2 sp 6mm	1.9
Attacco baionetta alluminio + balsa	0.8
Rivestimento in carbonio unifiolare 0.08mm + resina	4
Rivestimento antirotazione in Kevlar da 45gr/m ² + resina	2.3
Totale D-Box tratto centrale	9.0
Estremità	
Anima in Roacell cm 40x20⇒1,2x5 <small>m/m</small>	1.2
Rivestimento in carbonio unifiolare	2.8
Totale D-Box estremità	4.0
Totale di un D-Box di una semiala	13.0
Totale x 2 D-Box di un ala	26.0

Tab.1

Ala per modello veleggiatore A2

Attratto dai risultati di robustezza e leggerezza ottenuti nella costruzione di diverse ali per modelli ad elastico, ho voluto cimentarmi in una costruzione più ambiziosa dal punto di vista strutturale quale è quella di un modello veleggiatore

Disponendo di nuovi materiali e di questa tecnologia di costruzione del D-Box ho pensato di costruire un A2 con allungamento estremo (>30) per sperimentare il limite a cui è possibile arrivare con questo tipo di costruzione e per potere misurare i vantaggi, che almeno a livello teorico, è possibile ottenere dai forti allungamenti.

I vantaggi della riduzione della resistenza inferiore all'estremità dell'ala possono essere limitati dalla riduzione della corda alare e di conseguenza dalla riduzione del numero di Reynolds del profilo, ma non essendovi dati sperimentali in tal senso la cosa migliore da fare è provare.

Per questa ragione la rastrematura dell'ala in pianta è molto limitata; infatti con una corda all'attacco di 118mm la corda all'estremità è di 83mm.

Anche in questo caso ho utilizzato uno stampo in resina su supporti in profilati rettangolari di alluminio 20x40mm.

Un salto di qualità, introdotto in queste ali, rispetto alle precedenti per elastico, è l'introduzione di un incollaggio dei due strati superiore ed inferiore per mezzo dello strato interno di carbonio a 45° , che attraverso il taglio dell'anima in Roacell passa dall'intradosso all'extradosso, ricopiando il concetto del cartone ondulato.

La Fig.2 illustra questa soluzione che migliora ulteriormente la robustezza sia a torsione che a flessione.

È chiaro che per un veleggiatore gli spessori sono ben diversi.

Il tratto centrale è costituito da 3 strati da 0.15mm di carbonio unifilare che diventano 2 a 30cm dall'attacco e si riduce a 1 a 50cm; all'interno di questi strati c'è quello in carbonio

da 90gr/m^2 a 45° . Il tratto di estremità è costituito da un solo strato di carbonio unifilare da 0.08mm + tessuto, sempre di carbonio da 90gr/m^2 a 45° .

Il risultato ottenuto è notevole come robustezza a torsione, mentre per quanto riguarda la resistenza a flessione l'ala risulta forse un po' troppo elastica.

Va tenuto presente che lo spessore del profilo è di soli 7.5mm all'attacco e questo forse

Pesi del D-Box per modello veleggiatore A2

Tratto centrale	Pesi gr
Anima in Roacell 30grm^2	4.1
Copertura	28.8
Porta baionette	5.5
Totale D-Box tratto centrale	38.0
Estremità	
Anima in Roacell	3.0
Copertura	11.0
Totale D-Box estremità	14.0
Totale di un D-Box di una semiala	52.0
Totale x 2 D-Box di un ala	104.0

Tab.2

spiega la flessibilità riscontrata.

In Tab.2 sono riportati i pesi parziali e totali di un ala per veleggiatore A2.

L'ala così ottenuta ha un peso della struttura di 140gr che arriva a 160gr con la ricoperture in plastica bianca richiamata in precedenza. Detta plastica è ottenuta usando una plastica chiamata Static Magic che serve per scrivere messaggi durante le conferenze (flip-chart); pesa $25\text{gr}/\text{m}^2$ ed è più robusta del maylar argentato delle coperte di sopravvivenza che a volte viene usato per ricoprire i modelli. Ha il grande vantaggio che si può adattare perfettamente a superfici a doppia curva utilizzando un ferro caldo. Essendo poi composta da un materiale elettrostatico si potrebbe pensare di sfruttare questa caratteristica per modificare il comportamento dei filetti fluidi dello strato limite. Probabilmente è un'idea balzana, ma se si potrebbe provare in galleria chissà...?

Conclusioni

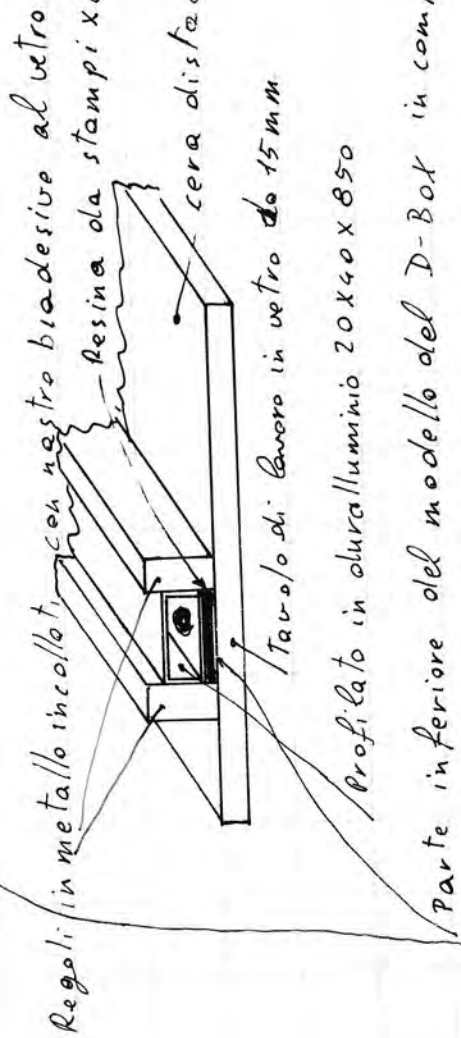
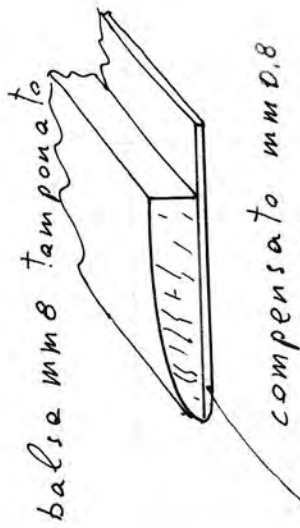
Ho voluto portare a conoscenza degli amici aeromodellisti una tecnologia di costruzione di ali per modelli a volo libero che mi sembra ~~che mi sembra~~ dare dei vantaggi nel rapporto robustezza peso.

I risultati sul campo diranno l'ultima parola. Sanavio vola con modelli equipaggiati con questo tipo di

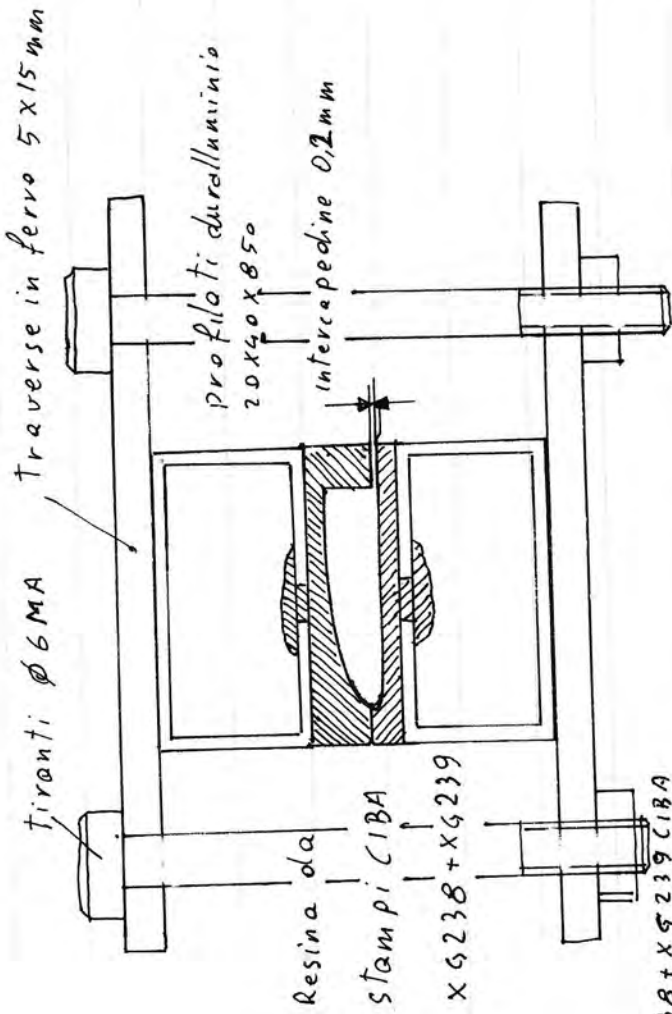
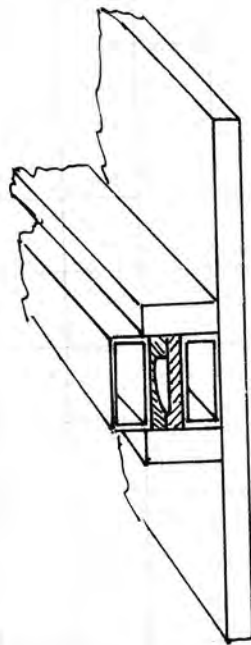
D-Box con ottimi risultati.

Per quanto riguarda il veleggiatore penso che lo vedrete in campo portato da qualche concorrente del NIKE in quanto io personalmente non riesco a partecipare alle gare a causa di problemi familiari.

Fig. N1 Stampo per D-BOX



Parte inferiore del modello del D-Box in compensato



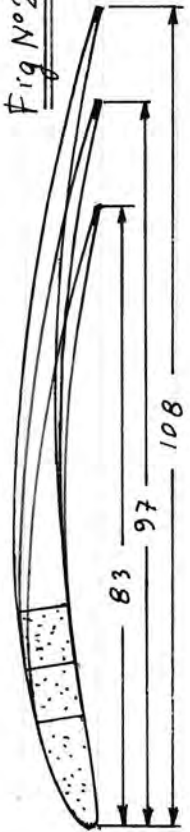
spine di riferimento



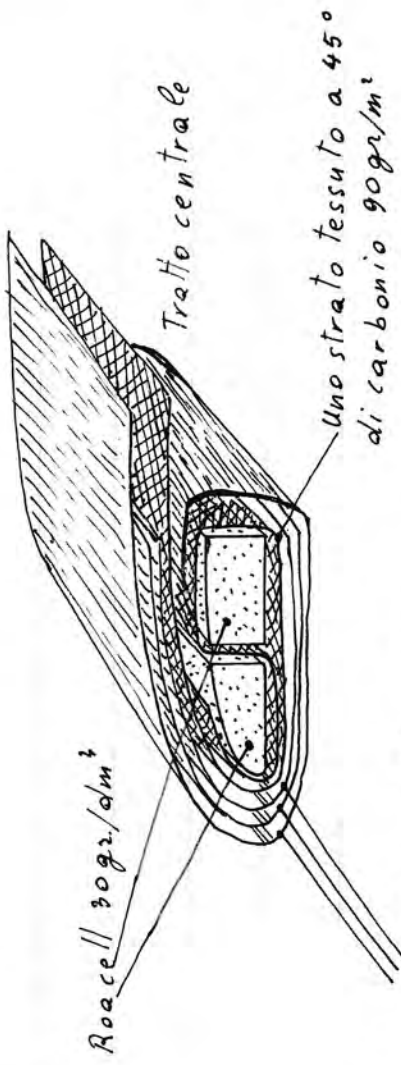
Controstampo in balsa per ali rastremate
L'impiego di 4 controstampi in balsa permette di sfruttare lo stampo principale per i 4 spezzoni di ala... pur essendo rastremata

BMM

Fig No2 Struttura D-Box per veleggiatori A2



Peso D-Box tratto centrale gr 38
 Peso D-Box estremità gr 14



Roacell 30gr/dm³
 Tratto centrale
 Uno strato tessuto a 45° di carbonio 90gr/m²
 tre strati unificari di carbonio 0,15mm



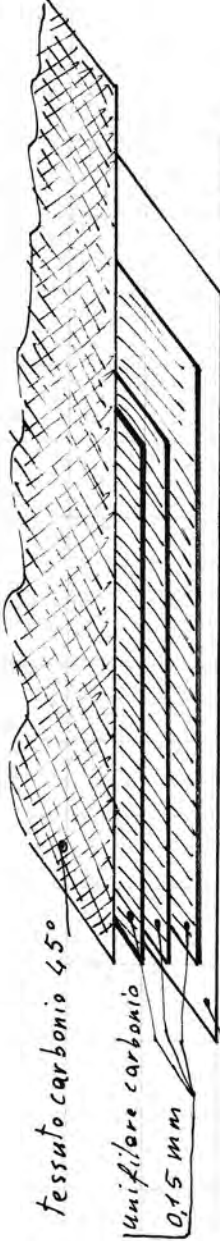
estremità
 tessuto carbonio a 45° 90gr/m²
 carbonio unificare 0,08 mm
 Roacell 30gr/dm³

Le centine sono rinforzate con impiallacciatura in noce da 9,4 mm e poi in carbonio da 0,1



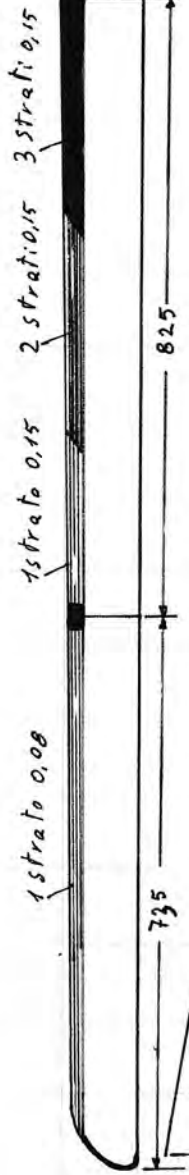
Bu 0,8x3 carbonio

Notare che lo spessore percentuale del profilo va aumentando verso l'estremità dell'ala



tessuto carbonio 45°
 unificare carbonio 0,15 mm
 macrofoil 5mm. Serve come supporto e va tolto dopo molding

Baionetta lamellare a 4 strati da 1mm x 6 in acciaio da molle rivettata alle estremità
 peso struttura tratto centrale gr. 49
 peso struttura di estremità gr. 21
 Tot gr. 70



1 strato 0,08
 2 strati 0,15
 3 strati 0,15

