

PROFILI Per TUTTALA VELOCI (parte seconda)

L'articolo è stato pubblicato sul N. 53 della rivista Modellismo, assieme alle coordinate e alle polari di tutti i profili trattati. Sulla rivista l'articolo è presentato con la consueta professionalità che la contraddistingue, che io non ho saputo replicare su questo sito, spero comunque che scuserete questa "artigianalità" e terrete conto della buona volontà profusa.

Tuttala privi di svergolamento alare (Plank)

Per quanto riguarda le prestazioni di velocità pura, le maggiori soddisfazioni le ho avute con dei tuttala privi di svergolamento alare.

Nonostante che i profili autostabili, a causa del marcato "reflex", presentino coefficienti di resistenza leggermente maggiori rispetto a quelli impiegati sui tuttala a freccia, l'ala di un plank lavora per definizione in ogni suo punto allo stesso angolo di attacco e questo significa che in picchiata veloce tutta l'ala si trova nelle condizioni di resistenza minima.

Un altro vantaggio insito in questa configurazione è che si riducono drasticamente le forti sollecitazioni torsionali tipiche dei tuttala "swept" e quindi anche i rischi di flutter sono molto minori.

Per contro i profili autostabili non garantiscono forti coefficienti di portanza e gli alianti su cui sono impiegati si comportano di conseguenza: Se costretti a volare troppo lentamente non possono che perdere quota in maniera vistosa.

Profili a C_m positivo sviluppati dallo scrivente per la configurazione "plank":

SN1207R spessore 7.0% camber 1.2%	Vecchio profilo autostabile sviluppato senza l'apporto di un software di analisi attendibile, adatto a modelli plank con carichi alari maggiori di 50 gr/dmq, ha una portanza massima piuttosto bassa se rapportata al carico alare necessario per quel C_m
SN41A spessore 7.0% camber 1.4%	profilo autostabile per tuttala veloci di tipo "plank" con C_m adatto a carichi alari di 30 gr/dmq o superiori
SN43B spessore 7.0% camber 1.3%	profilo autostabile per tuttala veloci privi di svergolamento alare, consigliabile per carichi alari sui 50 gr/dmq o superiori
SN44 spessore 8.0% camber 1.41%	profilo autostabile con le stesse caratteristiche del precedente ma con maggior spessore e portanza

- Il confronto con altri profili:

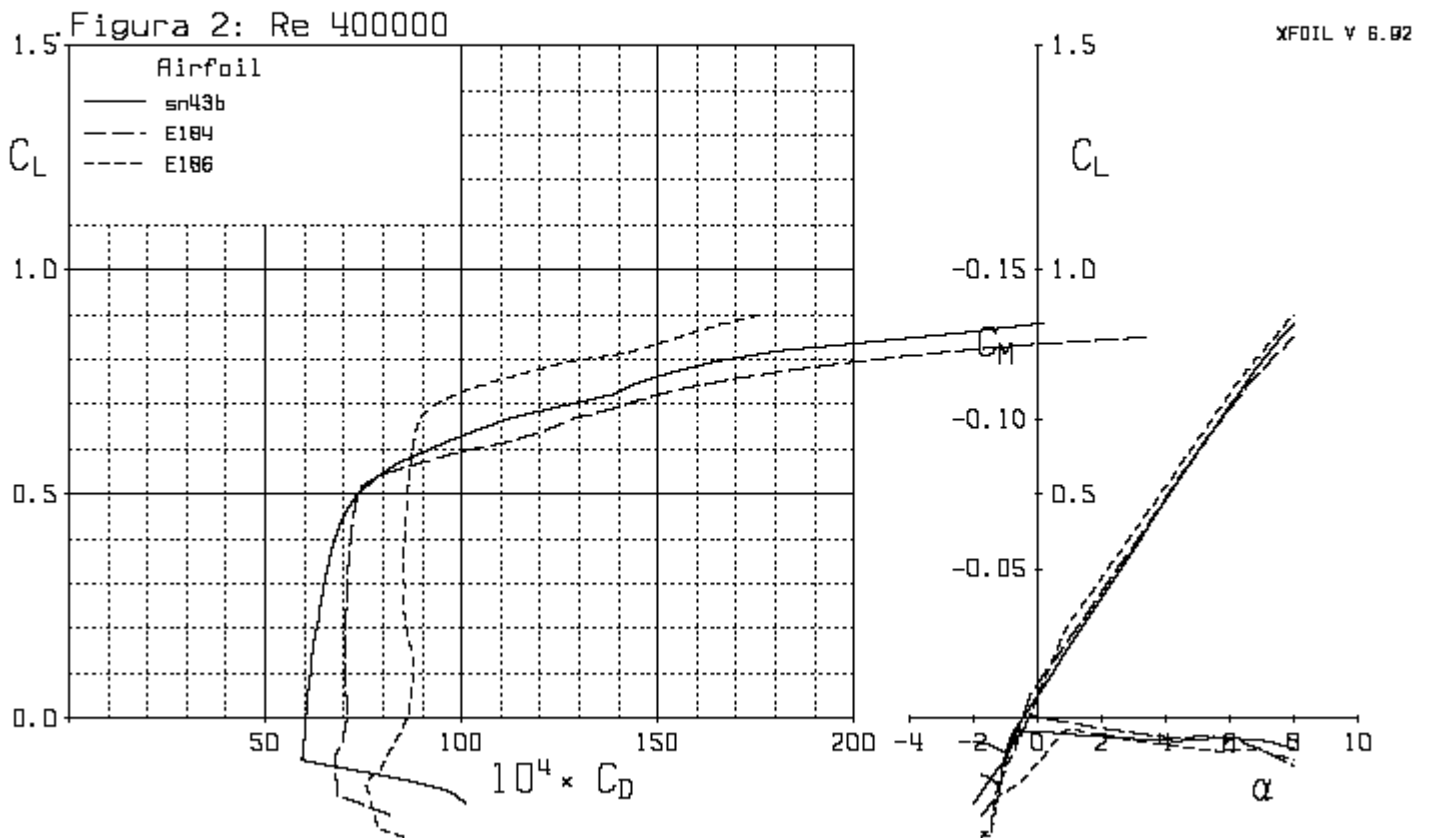
Lo E186 è dal punto di vista della curva del C_m il miglior "autostabile" tra quelli veloci da me analizzati, il C_m elevato (positivo) a incidenze basse con una progressiva diminuzione dello stesso man mano che aumenta l'incidenza lo rende adatto ad una ampia gamma di modelli e carichi alari.

Lo E186 paga però questa sua ottima caratteristica con una polare non troppo buona ed un numero di Reynolds critico decisamente alto.

Il suo fratello più veloce, l'E184, ha viceversa un C_m più contenuto, sulle recensioni dell'epoca (anni '70 ?) si sosteneva che non era sufficientemente autostabile e doveva essere utilizzato su un'ala con un minimo di freccia e svergolamento.

Prove pratiche effettuate su un tuttala da pendio hanno dimostrato che questo profilo può essere utilizzato come autostabile puro su modelli molto carichi, diciamo con un carico alare di 60 gr/dmq o superiore e centrati abbastanza indietro (19% - 20%).

La Figura 2 mostra le polari e le curve di momento a $Re\ 400000$ per E184, E186 ed SN43B, si può vedere come quest'ultimo garantisca una polare migliore degli altri, ed una curva di momento intermedia rispetto ai due Eppler.



Influenza del centraggio e del carico alare sulla stabilità longitudinale

In un tuttala, la stabilità longitudinale è raggiunta con un equilibrio tra due momenti:

- Un momento picchiante dato dalla forza peso, applicata sul centro di gravità, che agisce con un braccio detto margine statico, dato dalla distanza del baricentro dal punto neutro (situato convenzionalmente al 25% della corda media aerodinamica)
- Un momento cabrante creato dalla forza sviluppata dalla superficie stabilizzante per la distanza di questa dal punto neutro alare

Un profilo autostabile sviluppa autonomamente questo secondo momento, per semplicità si può pensare che esso "incorpori" nel reflex la superficie dedicata alla sua stabilizzazione, il momento alare sarà

comunque dipendente dalla velocità, aumentando la velocità aumenterà anche il momento cabrante e viceversa.

Volendo fare una analogia con i modelli convenzionali si può pensare al reflex del profilo autostabile come al diedro longitudinale (incidenza dell'ala rispetto allo stabilizzatore).

Un profilo autostabile è sostanzialmente un "profilo ad una velocità", raggiunta la velocità di equilibrio dei due momenti tenderà a mantenerla stabilmente, infatti se per qualche fattore esterno il modello dovesse cabrare, diminuirebbe la sua velocità e diminuirebbe il momento cabrante dato dal profilo. Il momento generato dalla forza peso prenderebbe il sopravvento ed il modello tenderebbe quindi a picchiare ristabilendosi sulla traiettoria originale.

Se viceversa il modello dovesse picchiare, aumenterebbe la sua velocità e, di conseguenza, il momento alare cabrante che tenderebbe a rimetterlo in traiettoria.

Il concetto dell'equilibrio dei momenti rispetto al punto neutro per la stabilità longitudinale (che potrebbe non essere rigorosamente corretto) e' un concetto diverso dal classico equilibrio di centraggio rispetto al baricentro, ma aiuta a comprendere i comportamenti dei tuttala al variare dei parametri fondamentali per comportarsi di conseguenza.

Analizzando quindi quanto sopra descritto possiamo fare le seguenti considerazioni pratiche per la scelta del profilo:

1) Un centraggio più avanzato necessiterà, a parità di velocità, di un momento cabrante maggiore e quindi di un profilo con coefficiente di momento maggiore (più reflex).

Se teniamo alle prestazioni del modello, dovremo tentare di ridurre il più possibile il margine statico, allo scopo di poter ridurre anche il C_m necessario, ricordandoci che generalmente un buon C_m non va d'accordo con una buona polare ma anche che... il modello deve essere controllabile quindi non si può esagerare nell'arretrare il centraggio.

Le posizioni del centraggio ed il relativo comportamento del modello che ho trovato sperimentalmente sono riassunte nella tabella seguente che è valida a livello indicativo sia per swept che per plank, le percentuali sono ovviamente riferite alla corda media aerodinamica.

17%	dormiente	Il modello è eccezionalmente stabile anche a bassissima velocità, tirando lentamente a fondo il comando del cabra non stalla ma rallenta ed aumenta progressivamente il suo angolo di discesa. L'efficienza del modello è bassa
18%	regolare	Il modello è molto stabile, tiene bene le termiche, lo stallo è regolare, avviene a bassa velocità ed alta incidenza ma solo dopo aver "avvisato" il pilota. Il rateo di discesa è normale
19%	sportivo	Il modello è stabile in volo normale, lo stallo è brusco. L'efficienza è molto buona
20%	audace	Il modello è stabile a velocità sostenute, lo stallo è improvviso anche ad angoli di attacco relativamente bassi. L'efficienza è eccezionale
21%	criminale	Il modello è isterico in ogni condizione di volo, ogni altra valutazione è resa impossibile dalla difficile controllabilità

2) Siccome la velocità del modello dipende dal carico alare, ed il momento alare aumenta con il quadrato della velocità, lo stesso modello più caricato ha bisogno di un profilo con un minor coefficiente di momento, ovvero di un reflex minore.

Una esperienza pratica su un tuttala tipo “plank” ha evidenziato che:

Il modello con un carico di 35 g/dmq, vola con elevoni deflessi di -2 gradi rispetto alla posizione naturale, mentre lo stesso modello con un carico di 55 g/dmq vola con gli elevoni in posizione neutra.

3) L'ultima osservazione riguarda i carichi alari, ricordiamo che in un tuttala, quasi il 40% della superficie serve a garantire l'azione stabilizzante, di conseguenza la superficie portante è circa il 60% della totale ed è su questa base che si può fare un confronto con dei modelli tradizionali.

Sempre più spesso si vedono modelli di alianti convenzionali caricati a 90 – 100 gr/dmq, occorre tenere conto che un tuttala, sia esso swept o plank, con un carico di 60 gr/dmq avrà comportamenti tipici di un modello convenzionale caricato a 100 gr/dmq, pertanto è sconsigliabile adottare su un modello tuttala un carico di 100 gr/dmq, sarebbe come utilizzare un modello convenzionale caricato ad oltre 160 gr/dmq, provare per credere!!!!

Ottimizzare le prestazioni: turbolatori come e quando

In linea generale un turbolatore è un dispositivo che interrompe il flusso laminare su una superficie aerodinamica provocandone il distacco dalla stessa, a valle del turbolatore il flusso si riattacca alla superficie e prosegue in maniera turbolenta.

Utilizzare un turbolatore significa di per se incrementare la resistenza di forma di un profilo... ma allora... a che serve?

Il flusso laminare, quando rimane attaccato alla superficie, genera minore resistenza rispetto ad un flusso turbolento, il primo però tende a staccarsi con maggiore facilità rispetto al secondo al diminuire della velocità e all'aumentare dell'angolo di attacco.

Il flusso dopo essersi staccato, può riattaccarsi alla superficie in un punto più a valle, tra i due punti si forma una “bolla” che modifica la forma del profilo incrementando di molto la resistenza, con l'aumentare dell'incidenza ed il diminuire del Re questa bolla può allungarsi fino al bordo di uscita provocando lo stallo.

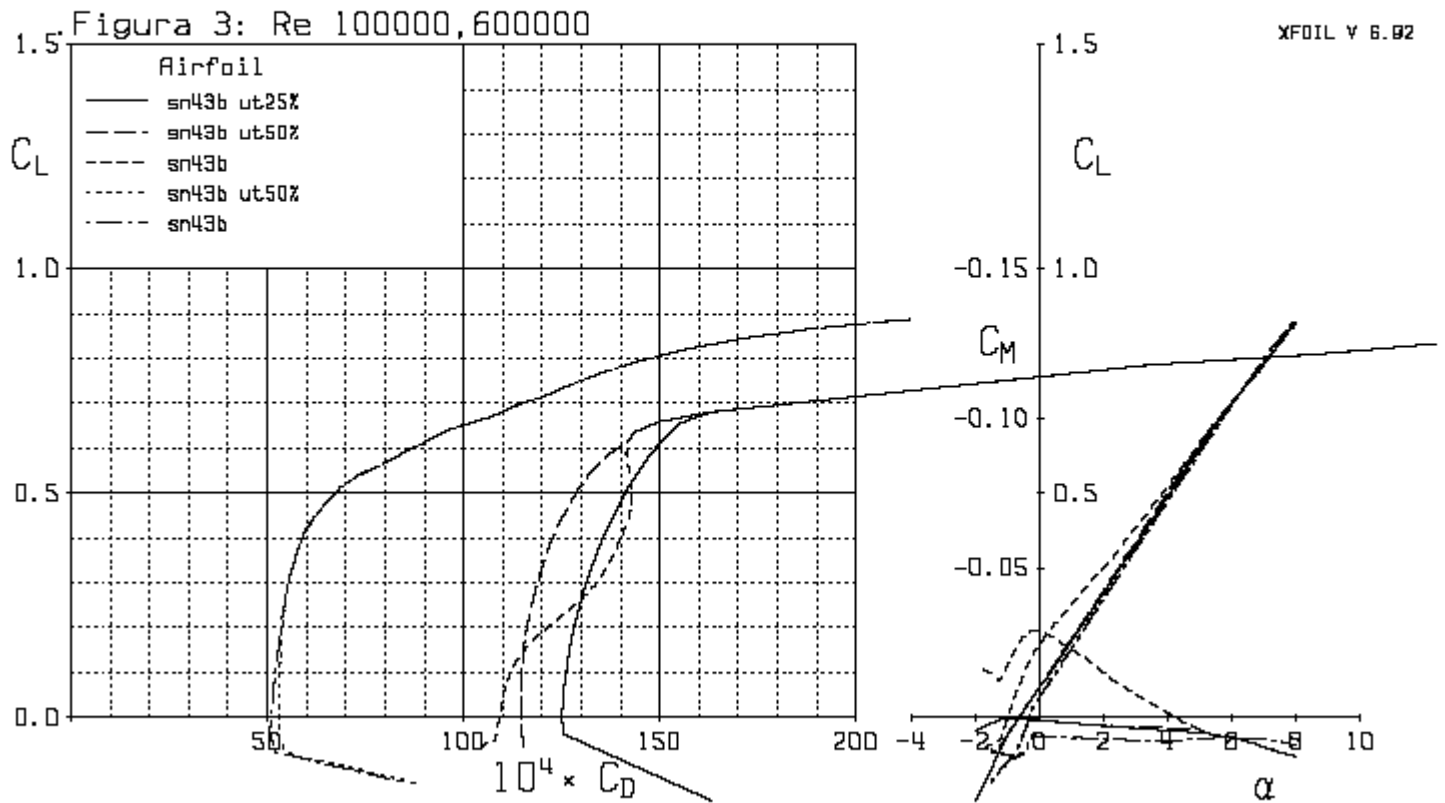
L'uso classico dei turbolatori consiste nell'applicare in una data posizione sul profilo alare, generalmente attorno al 25% del dorso, una striscia adesiva che forma lo scalino sufficiente a forzare la transizione del flusso da laminare a turbolenta ed a prevenire il formarsi delle famigerate “bolle di separazione”, che in condizioni di bassa velocità ed elevata incidenza causano un aumento di resistenza maggiore di quella provocata dal turbolatore stesso.

Nei modelli convenzionali, l'uso di turbolatori migliora le caratteristiche del profilo nel volo in termica ed ammorbidisce lo stallo anche se finisce con il penalizzare la velocità di punta.

Il software Xfoil simula la presenza di un turbolatore sul profilo semplicemente “forzando” la transizione del flusso ad una certa percentuale della corda, non sono date dimensioni di riferimento per il turbolatore da utilizzare ne è possibile studiare l'effetto di turbolatori di forme e dimensioni diverse, ritengo che questo sia una conseguenza degli studi condotti da Selig, il quale sostiene di non avere trovato sostanziali differenze tra vari tipi di turbolatori (nastri semplici, a zig zag, bolle e persino fori soffianti) purché garantiscano un efficiente innesco della turbolenza, conclude così che un semplice nastro largo l'1% ed alto lo 0.17% rispetto alla corda da risultati più che soddisfacenti, anche se comunque si affretta a precisare che altri ricercatori sono giunti a risultati diversi e raccomandano invece

tipi specifici di turbolatori.

La Figura 3 mostra come un turbolatore posto al 25% del dorso regolarizza la polare a Re 100000 per un profilo SN43B.



Nei profili per tuttala si verificano delle situazioni particolari per le quali l'utilizzazione di un turbolatore può migliorare le performance del profilo anche alle basse incidenze.

Sul dorso dei profili reflex alle basse incidenze (e quindi anche alle alte velocità per Re modellistici) avviene comunque una transizione naturale del flusso da laminare a turbolento, è anche questo uno dei fattori che provoca il momento positivo stabilizzante.

Sperando di non far arricciare il naso ai puristi, possiamo pensare la cosa come se le particelle di aria costituenti il flusso laminare, nel punto dove avviene la transizione "tamponassero" quelle del flusso turbolento più lento, questo provoca una spinta applicata al dorso del profilo (l'aria è viscosa ed appiccicata alla superficie) che genera appunto un momento cabrante.

La transizione naturale del flusso da laminare a turbolento può però avvenire anche a valle di una bolla di separazione, con cattive ripercussioni sulla resistenza.

Posizionare un turbolatore al 50%-60% del dorso, significa prevenire la formazione di una bolla in una zona dove comunque di lì a poco il flusso diverrebbe comunque turbolento.

Nella figura 3 è visibile come un turbolatore sul dorso al 50% del profilo SN43B procura una resistenza molto minore del classico turbolatore al 25% sulla polare a Re 100000, eliminando sempre in maniera completa gli effetti nocivi della bolla di separazione, lo stesso turbolatore causa purtroppo anche un piccolo incremento di resistenza a Re 600000 laddove invece la bolla di separazione non si formerebbe in ogni caso.

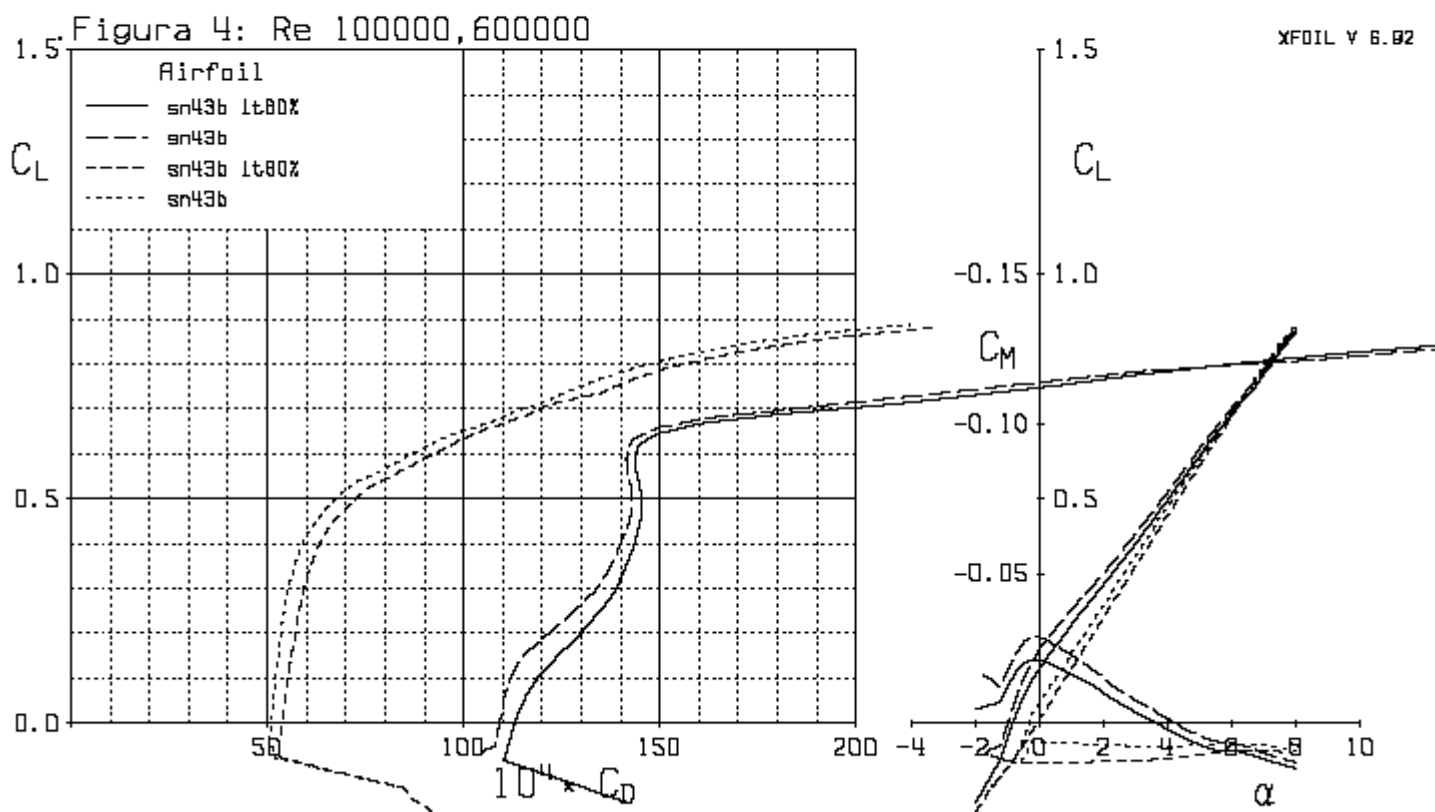
In conclusione può valere la pena mettere un turbolatore sul dorso attorno al 50% almeno in estremo per tutta l'apertura degli elevoni, ottenendo come effetto un buon miglioramento nel volo in termica penalizzando quasi niente la velocità massima in affondata.

Arretrare la posizione del turbolatore sul dorso, ponendolo più indietro del 50%, significa migliorare le prestazioni alle basse incidenze per tutti i valori di Re , peggiorando man mano che si arretra, quelle ai bassi Re ed alte incidenze.

Un altro possibile impiego di turbolatori su profili autostabili è quello di posizionarne uno all'80% del ventre, in questa posizione generalmente il flusso è laminare ma si verifica comunque un parziale distacco con ispessimento dello strato limite.

Posizionandovi un turbolatore si "costringe" il flusso a seguire il reflex avendo come conseguenza un aumento del coefficiente di momento ovvero un miglioramento della stabilità.

Per contro si verifica un aumento di resistenza a tutte le incidenze, la figura 4 mostra per il profilo SN43B a Re 100000 e Re 600000 gli effetti di un turbolatore posto all'80% del ventre, si noti come le polari con e senza turbolatori hanno lo stesso andamento anche se le prime sono posizionate più a destra verso coefficienti di resistenza maggiori.



Sempre nella figura 4 dando un'occhiata alle curve di momento si nota come il profilo turbolato presenti un C_m decisamente migliore a tutte le incidenze.

Effetti delle fessure delle parti mobili sulla polare e sul momento del profilo

Le precedenti considerazioni sui turbolatori possono essere sfruttate per decidere posizione e

conformazione dei movimenti degli elevoni.

Una fessura introduce un effetto sul flusso aerodinamico assimilabile a quello di un turbolatore, generalmente la parte mobile di un modello viene incernierata sul dorso del profilo (per motivi ritengo più che altro estetici), il dorso risulta quindi abbastanza pulito e continuo, viceversa si forma un'apertura più o meno grande e più o meno "carenata" sul ventre.

Sulla base delle considerazioni precedentemente fatte sarà conveniente costruire un movimento "classico" (dorso pulito, ventre turbolato dalla presenza della fessura) nel caso si desideri privilegiare la stabilità, mentre invece conviene rovesciare il movimento incernierando la parte mobile sul ventre e lasciando la fessura (turbolatore) sul dorso nel caso si voglia privilegiare il contenimento della resistenza.

Questo ragionamento ha senso ovviamente solo se si costruiscono delle cerniere realmente "pulite", con almeno uno dei due lati privo di fessure o scalini (realizzazione con peel-ply o silicone), poiché altrimenti ci troveremo comunque nella condizione di avere un profilo turbolato sia sul dorso che sul ventre in corrispondenza della linea di cerniera.

Nella speranza di essere stato comprensibile, comunico che sono disponibile per chiunque desideri fare commenti o chiedere chiarimenti all'indirizzo e-mail s.nosi@tin.it, vi auguro buoni voli.

Simone Nosi

Ringraziamenti

Un ringraziamento particolare a Loris Kanneworff per la cortesia e competenza con le quali ha supervisionato il lavoro, consentendomi di eliminare imprecisioni ed errori formali commesse durante la stesura iniziale dello stesso.

Bibliografia

On the 'wing.... the book	Bill and Bunny Kuhlman
Configurazione Tuttala	F. Galè
Airfoils at low speeds	M. Selig, J. Donovan, D. Fraser
Leistungsprofile für Modellflug	MTB 23

Legenda dei simboli

α	Angolo di incidenza
C_l	Coefficiente di portanza
C_d	Coefficiente di resistenza
C_m	Coefficiente di momento

<i>C_{mo}</i>	Coefficiente di momento all'angolo di portanza nulla
<i>α₀</i>	Angolo di portanza nulla del profilo
<i>Re</i>	Numero di Reynolds
<i>u_t</i>	Turbolatore sulla superficie superiore del profilo
<i>l_t</i>	Turbolatore sulla superficie inferiore del profilo