

PROFILI Per TUTTALA VELOCI (parte prima)

L'articolo è stato pubblicato sul N. 52 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.

Profili per tuttala veloci

Come appassionato di volo in pendio e volo elettrico ho costruito diversi modelli tuttala in varie configurazioni, ed ho in qualche modo "vissuto" diverse altre esperienze fatte da colleghi aeromodellisti nello stesso settore.

Volendo migliorare le prestazioni dei modelli mi sono spesso imbattuto in un "vuoto" fastidioso: la cronica penuria di profili alari idonei allo scopo.

Mentre per i modelli convenzionali c'è una vastissima la scelta di profili, per i tuttala ce ne sono relativamente pochi e quasi tutti con spessori compresi tra il 12% ed il 9%, mentre al disotto dell' 8% non si trova quasi niente.

Pensando a modelli hot-liner si abbisogna di un profilo sottile e veloce che possa reggere bene anche un certo carico alare.

Un "profilo veloce", per essere considerato tale, deve avere una resistenza minima molto bassa, ma non solo, la sua polare deve essere conformata in maniera da presentare la resistenza minima a coefficiente di portanza vicino allo zero (situazione di picchiata e volo veloce).

Quest'ultima considerazione assottiglia ulteriormente la già sparuta gamma di profili disponibili, poiché porta ad escludere profili laminari sottili ottimizzati per alti coefficienti di portanza, come l'ottimo S5020 la cui polare è spostata molto in alto e presenta una forte resistenza in assetto di picchiata veloce.

A tutto questo si aggiunge un altro problema: I pochi profili disponibili, anche se proposti da nomi illustri, spesso mantengono le prestazioni promesse nelle polari (portanza e resistenza), ma non fanno altrettanto sul fronte del coefficiente di momento (C_m), o perché sviluppati e testati con vecchi software che non garantivano una buona predizione del C_m , oppure perché il solo valore di C_{m0} può essere fuorviante, volendo valutare un profilo per tuttala sarebbe a mio giudizio più corretto considerare un valore medio del C_m nella gamma delle incidenze di volo.

Un'altro fatto che ho trovato strano è che ad oggi, cercando profili "veloci" realmente autostabili (cioè utilizzabili su ali prive di svergolamento) si debba quasi necessariamente cadere sui vecchi E184 ed E186, pare infatti che in tempi recenti i progettisti di profili abbiano "ignorato" la configurazione tuttala con ala non svergolata (plank).

Alcuni anni fa avevo sviluppato un software per elaborare geometricamente profili alari in modo da adattare quelli esistenti alla bisogna, grazie a questo programma ero riuscito ad ottenere profili con spessori e camber altrimenti introvabili, si trattava comunque di adattamenti fatti alla cieca che erano verificabili soltanto in volo con risultati "inquinati" dalla geometria dei vari modelli che, ovviamente, erano diversi tra loro non solo nei profili.

Ultimamente la disponibilità di software più sofisticati, ma soprattutto di gallerie del vento virtuali molto affidabili, permette di sviluppare profili sulla base di analisi molto vicine alla realtà, gli algoritmi di calcolo considerano finalmente l'aria come un fluido viscoso e riescono a calcolare le curve di momento e le polari predicendo bene anche la formazione delle bolle di separazione tipiche dei bassi numeri di Reynolds.

Nel suo libro "Airfoils at low speed" M. Selig sottolinea il piccolo scostamento tra le curve teoriche ottenute con il codice ISES del programma XFOIL e i test reali in galleria del vento, dando ad intendere che considera le analisi effettuate da questo programma un riscontro comunque oggettivo delle prestazioni di un profilo.

Questo mi ha dato lo stimolo per verificare i profili realizzati in precedenza e per svilupparne di nuovi sfruttando questo strumento professionale veramente molto sofisticato.

L'importanza del coefficiente di momento

Ai fini pratici il C_m è una grandezza adimensionale che esprime la caratteristica di un profilo di essere stabile o instabile in una certa misura.

Convenzionalmente è considerato positivo il momento a cabrare (stabilizzante) e negativo il momento a picchiare (destabilizzante), avremo quindi profili stabili (o meno instabili) a seconda del relativo valore di C_m .

Il valore di C_m è espresso rispetto al 25% della corda, cioè sul fuoco teorico del profilo, questo fa in modo che sia un valore quasi costante, sia al variare di Re (numero di Reynolds), sia al variare dell'angolo di attacco, diversamente da quanto avviene per i coefficienti di portanza e resistenza.

Siccome è un valore "quasi" costante particolare importanza viene data a C_{m0} , ovvero il coefficiente di momento del profilo al suo angolo di portanza nulla (α_0), i valori di C_m alle altre incidenze non dovrebbero teoricamente scostarsi molto ma.... ci sono molte eccezioni.

Pertanto se per un modello con il piano di quota il valore di C_{m0} può essere considerato tranquillamente come fattore per decidere quale rapporto volumetrico di coda adottare, ho imparato a mie spese che per un tuttala è meglio dare una occhiata a tutta la curva del C_m e scoprire in anticipo se un particolare profilo riserva delle sorprese.

Contenere il C_m in un profilo per tuttala è importantissimo, modelli di questo tipo hanno un "braccio di leva" necessariamente corto dipendente dalla freccia alare (per gli swept), o dal valore della corda alare come nel caso delle "tavole volanti" (plank) e di conseguenza anche l'azione stabilizzante è ridotta.

Profili a C_m nullo per tuttala a freccia (Swept)

La configurazione a freccia con estremità svergolate geometricamente e/o aerodinamicamente consente di ottenere ottimi modelli polivalenti e per questo riscuote sempre maggiori consensi.

Rispetto ad una architettura tradizionale, le superfici stabilizzanti (estremità alari) devono agire più energicamente del classico piano di coda, che può invece contare su un lungo braccio di leva per contrastare il momento alare.

Per ridurre questo effetto, che ha come conseguenza un aumento della resistenza, è importante che il momento destabilizzante della zona "portante" dell'ala sia il più basso possibile o assente, se non addirittura direttamente stabilizzante anche solo leggermente.

Questo è possibile utilizzando profili con C_m nullo o quasi (meglio se leggermente positivo), utilizzare invece profili con C_m decisamente negativo comporta che, per raggiungere la stabilità, si deve adottare un discreto svergolamento alare, da qui il notevole scadimento delle prestazioni del modello soprattutto in velocità ma anche in efficienza, anche se il profilo scelto ha di per se una buona polare.

Un'altro accorgimento utile a migliorare l'efficienza generale del modello è quello di far iniziare la svergolatura non dalla radice alare ma da circa metà della semiala verso l'estremità, in modo da ottimizzare l'azione stabilizzante nella zona con maggior braccio di leva.

Profili per tuttala a freccia (swept) sviluppati dallo scrivente con l'obiettivo di un coefficiente di momento vicino a zero:

SN22 spessore 7.0% camber 1.2%	Profilo a basso C_m per tuttala a freccia con svergolamenti di circa 1 - 1.5* gradi in estremità, utilizzabile anche su modelli convenzionali veloci da pendio, in questo caso il basso C_m contribuisce ad aumentare la velocità massima in affondata "scaricando" aerodinamicamente il piano di quota
SN23 spessore 7.6% camber 1.3%	Profilo con le stesse caratteristiche del precedente ma con maggior spessore e portanza
SN24 spessore 7.5% camber 1.3%	Ha un C_m migliore dei profili precedenti, pertanto è utilizzabile con svergolamenti più ridotti (circa 0.5 - 1* gradi)
SN25 spessore 6.6% camber 1.25%	Profilo per tuttala specifico per la categoria F5F caratterizzato da una resistenza minore rispetto agli altri presentati
SN26 spessore 7.0% camber 1.5%	Profilo adatto a tuttala cat. F5F e tuttala veloci da pendio, come lo SN24 ha un C_m circa nullo che lo rende utilizzabile con svergolamenti di 0.5 – 1* gradi
SN26B spessore 7.0% camber 1.68%	Profilo per tuttala e modelli convenzionali veloci da pendio, ha una polare migliore dello SN26, con più portanza e stessa resistenza, ma C_m peggiore
SN28 spessore 8.0% camber 1.8%	Profilo con le stesse caratteristiche del precedente ma con maggior spessore e portanza, come lo SN26B è utilizzabile su modelli con 1 – 1.5* gradi di svergolamento
SN42 spessore 8.0% camber 1.6%	Profilo leggermente autostabile, può essere impiegato su modelli tuttala con ridottissimo svergolamento (circa 0.5* gradi) in estremità

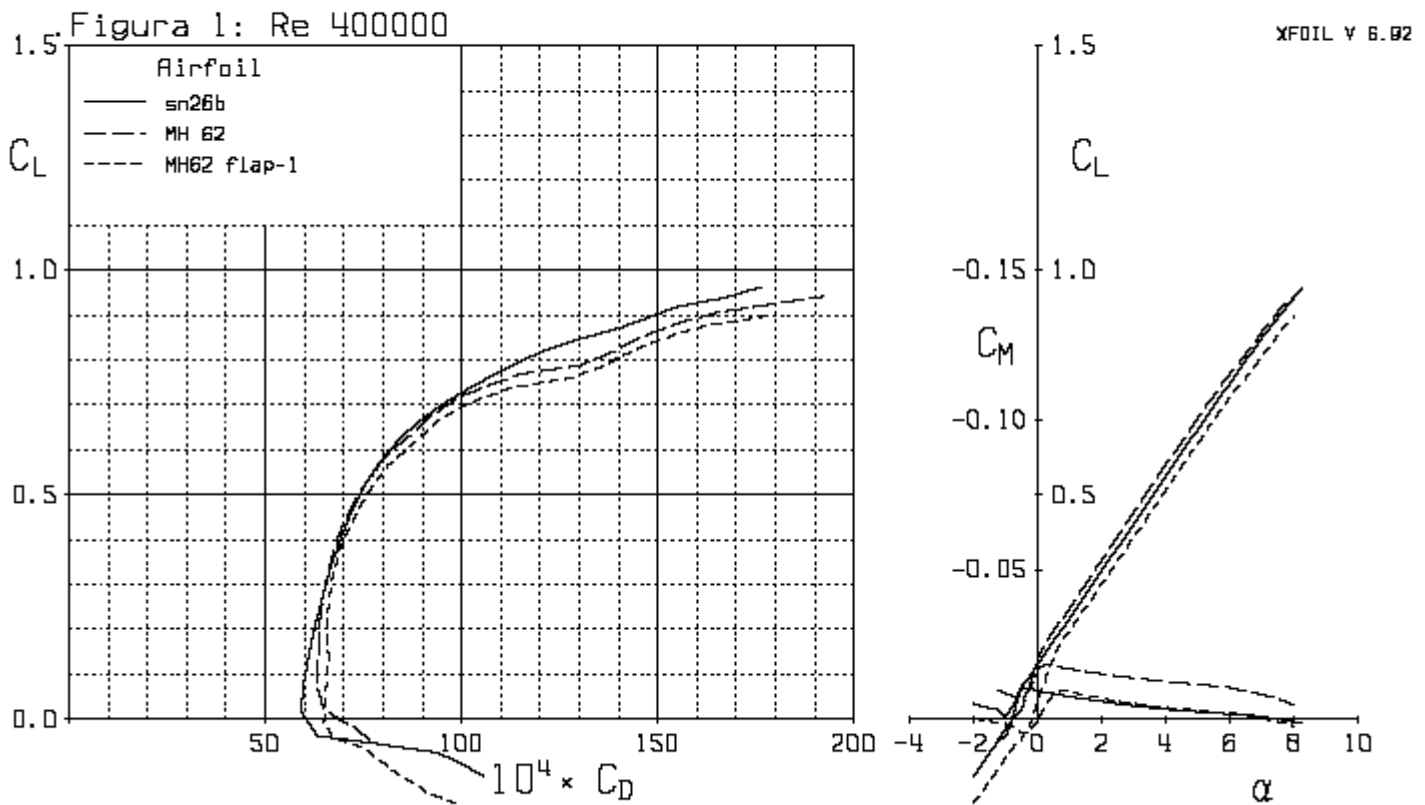
* gli svergolamenti ipotizzati sono relativi a modelli con 15 – 20 gradi di freccia alare

-Il confronto con altri profili:

Andiamo ad esaminare lo MH62, un profilo per tuttala a freccia con

una polare molto buona ed un C_{mo} dichiarato ottimo.

Dalla figura 1, che mostra a confronto la polare del profilo SN26B e quella dello MH62, si vede che quella del primo è leggermente migliore soprattutto come resistenza minima all'angolo di portanza nulla, ma molto più importante, è che se diamo uno sguardo alla curva del coefficiente di momento (sempre della figura 1) notiamo che quella dello SN26B è decisamente migliore per le incidenze comprese tra 0 e 8 gradi, quasi tutto il campo di incidenze di volo.



La tabella seguente compara i dati di C_{mo} (e relativo angolo di portanza nulla α_0) dichiarati dai progettisti con quelli calcolati da Xfoil per alcuni profili conosciuti.

Dal raffronto possiamo vedere come i C_m dichiarati per i profili della serie MH6x, calcolati probabilmente con software di vecchia generazione (che considerano l'aria un fluido non viscoso), sono decisamente ottimistici rispetto a quelli calcolati con Xfoil.

Profilo	C_{mo} dichiarato*	C_{mo} calcolato**	C_m medio***	α_0 dichiarato*	α_0 calcolato**
MH22	-0.015	-0.019	-0.020	-0.97	-1.11
MH61	+0.019	+0.003	-0.008	+0.23	-0.39
MH62	0.000	-0.010	-0.013	-0.44	-0.93
S5010	+0.008	+0.002	-0.004	-0.52	-0.85
S5020	+0.008	0.000	-0.003	-0.70	-1.12
SN26	----	-0.0014	+0.003	----	-0.701

* dati tratti da MTB 23 (Leistungsprofile für Modellflug)

** dati calcolati con XFOIL a Re 400000

*** dati calcolati con XFOIL a Re 400000 e $\alpha = 4$

Prove pratiche hanno dimostrato che modelli tuttala muniti di profili MH61 ed MH62, dotati di svergolamenti calcolati in maniera standard, devono volare con elevoni "alzati" cioè deflessi negativamente rispetto alla loro posizione naturale.

Diversamente modelli con analogo svergolamento volano con elevoni perfettamente a 0 gradi (ovvero non deportanti) pur essendo muniti di profilo S5020 che dichiara un C_{mo} inferiore a quello degli MH.

La spiegazione sta in parte nell'errore di approssimazione commesso dal software utilizzato per il calcolo, ma in parte nel fatto che da soli i valori di C_{mo} possono risultare fuorvianti, infatti anche se il C_{mo} dichiarato fosse risultato esatto, i profili MH61 ed MH62 presentano comunque un C_m negativo ovvero destabilizzante per quasi tutto il campo di incidenze escluso appunto quelle vicine all'angolo di portanza nulla.

Quanto sopra è ben visibile sia guardando le curve di momento della figura 1 sia osservando il valore del C_m medio nella tabella precedente.

L'ala con MH61 per risultare stabile dovrà essere svergolata maggiormente rispetto ad una realizzata con lo S5020, altrimenti il modello sarà costretto a volare con gli elevoni deflessi negativamente, il che è sconsigliabile se vogliamo che il profilo mantenga la sua buona polare.

Risparmiare sullo svergolamento necessario per poi finire con "alzare" gli elevoni modificando di fatto il profilo originale non è mai conveniente.

La figura 1 mostra anche il peggioramento della polare dello MH62 con gli elevoni inclinati di -1 grado, deflessione indispensabile per raggiungere un andamento della curva del coefficiente di momento quasi uguale a quella dell' SN26B.

[Continua...](#)

Ringraziamenti

Un ringraziamento particolare a Loris Kannevorff 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
C_{m0}	Coefficiente di momento all'angolo di portanza nulla
α_0	Angolo di portanza nulla del profilo
Re	Numero di Reynolds
u_t	Turbolatore sulla superficie superiore del profilo
l_t	Turbolatore sulla superficie inferiore del profilo