



"O FAMO STRANO"

Modello dimostrativo con alette rotanti ad effetto Magnus

Massimo Bevilacqua

Ecco una sperimentazione che si è svolta nell'Istituto Tecnico Aeronautico di Stato "Francesco De Pinedo" di Roma, ad opera degli insegnanti del progetto PAER.

Gli scorsi anni con alcuni colleghi abbiamo creato un corso di aeromodellismo denominato Pilotaggio Aeromodelli Elettrici Radioguidati. Nell'anno scolastico 2009-2010 il corso ha subito una battuta di arresto. Io e i miei colleghi abbiamo colto l'occasione per prenderci un "anno sabbatico" e dedicarci a quella sperimentazione che solo l'aeromodellismo può consentire.

Nel 2008 cominciammo con gli studenti lo studio di un aeromodello basato sull'effetto Magnus (Foto 1). La difficoltà di realizzazione dei cilindri rotanti ci aveva rallentato su alcune sperimentazioni in galleria. Nel 2010 il virus del ricercatore aeromodellista si è quindi riattivato e con l'utilizzo delle strutture e dei materiali disponibili nell'Istituto ed in particolare grazie alla collaborazione, ed al supporto del prof. Fabrizio

Batocchi, del laboratorio di aerotecnica, è stato possibile realizzare un aeromodello ad alette rotanti, che dimostra lo sviluppo di portanza generata da cilindri rotanti secondo l'effetto Magnus.

Come noto dalla letteratura, un cilindro rotante genera un vortice che ha come risultato quello di creare una differenza di velocità tra i lati superiore ed inferiore del cilindro stesso. Questa differenza di velocità crea uno squilibrio di pressioni che, come sul profilo alare, genera portanza. (Figura 1)

Le ali rotanti utilizzate nel nostro modello si

comportano come cilindri rotanti, perché determinano una differenza di velocità tra la parte superiore e quella inferiore, analoga a quella del cilindro.

La differenza fondamentale sta nel fatto che i cilindri andrebbero messi in rotazione con una motorizzazione esterna, mentre le nostre alette si mettono in autorotazione con il vento relativo. Vedremo nelle conclusioni che questo apre a caratteristiche di volo potenzialmente molto diverse dato che vogliamo verificare sul campo di volo e nel modo più semplice, se è possibile volare con un sistema basato sull'effetto Magnus; che tipo di volo è possibile realizzare?

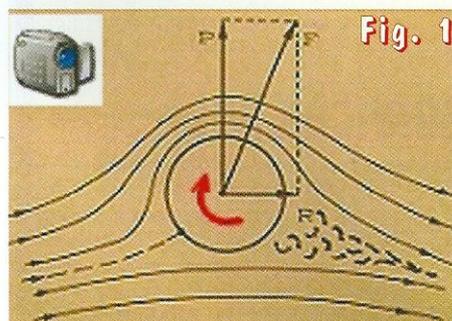




Foto 3

ECCO LA NOSTRA STORIA

Per provare in volo l'aerodinamica del "cilindro rotante" ci ispiriamo ad un aquilone degli anni '70 che usava due ali rotanti, montate in architettura tradizionale con diedro a V semplice.

LA PRIMA VERSIONE DEL MODELLO

Usiamo una vecchia fusoliera di aliante RC in balsa, adattata per ottenere il modello in figura. Il modello è senza motore ha piani di coda fissi (Foto 2).

Prevediamo comunque una deriva con il timone per il controllo della direzione, mentre valutiamo che il controllo della quota potrà essere realizzato con il solo aumento della trazione.

DESCRIZIONE DELLE ALI

Semiala prima versione: dimensioni; apertura 80 cm, corda 18 cm (diametro del cilindro).

Materiali: depron 3 mm, compensato duro da 5 mm (due centine), balsa da 1,5 e 3 mm (sette centine), due cuscinetti a sfere, tondino cavo in carbonio diametro 5 mm.

La prima ala a "cilindro rotante" realizzata è la più semplice dal punto di vista aerodinamico e strutturale: un'ala con sezione ad "S" già provata con successo in galleria. La struttura in

depron e centine in legno è semplice ma ingegnosa. La rotazione è sostenuta da due centine in compensato duro che alloggiavano i due cuscinetti di supporto "infilati" sul tondino/longherone di carbonio.

Il profilo ad "S", asimmetrico rispetto al centro di rotazione, è dato dal depron incollato specularmente su tutte le centine (rettangoli con bordi arrotondati) come in foto. Gli incollaggi e le centine sono rinforzati con nastro in fibra di vetro. (Foto 3)

I tondini di carbonio che fungono da longheroni, sono uniti al centro della fusoliera con un sandwich di compensato, realizzando nel contempo il previsto diedro alare a V semplice.

PRIME PROVE DI VOLO

Il modello viene provato a traino come aquilone, senza alcun comando di direzione o profondità (Foto 4). Posizioniamo il baricentro sul longherone (ovvero sul centro di rotazione delle alette).

Pur sviluppando una certa portanza, il modello mostra subito la notevole resistenza all'avanzamento tipica del cilindro e si verifica una notevole flessione all'indietro dei longheroni di sostegno.

Per evitare di danneggiare il longherone inutilmente decidiamo di passare subito alle prove con motore.

Installiamo un brushless con elica per slow flyer 10x4, alimentato da un pacco di tre celle LiPo da 1100 mA. Calettiamo l'asse dell'elica in modo classico (negativo a destra); realizziamo anche il comando del timone. Misuriamo una trazione di circa 450 gr.

Il modello appare come in foto 5.

Le prove vengono eseguite con e senza vento, evidenziando l'incapacità del modello di avanzare e prendere il volo. Si nota anche la difficoltà delle alette ad entrare in rotazione ad una velocità sufficiente a sviluppare la portanza necessaria.



Foto 6

Confronto tra la prima e la seconda versione

Pensiamo quindi di diminuire la resistenza ed aumentare la velocità di rotazione riducendo il diametro del "cilindro". Ricostruiamo interamente le ali con corda di circa 9 cm e la situazione cambia in modo sensibile.

IL MODELLO SECONDA VERSIONE

Abbiamo modificato le ali dimezzandone la corda, speriamo in questo modo di aumentare la velocità di rotazione, ridurre la resistenza e diminuire le vibrazioni.

L'ala appare quindi più allungata e già le prime prove "statiche" confermano la facilità di ingresso in autorotazione. (Foto 6)

Con il motore in moto l'elica provoca un flusso che facilita la rotazione dell'ala di sinistra, ci aspettiamo allora una maggior portanza su quel lato e per compensare calettiamo leggermente a sinistra il motore; riduciamo anche il calettamento negativo per far "salire un po' il muso" sotto trazione dell'elica. Le prime prove dinamiche non daranno però ragione a questi calettamenti del motore.



Foto 4



Foto 5

Foto 7**Foto 8**

PRIMA PROVA DI VOLO CON LE ALI ALLUNGATE

Le prime prove della nuova ala sono confortanti (Foto 7). Il modello tende a volare. Avanza come se la resistenza fosse appena bilanciata dalla trazione dell'elica e ci dà l'impressione, durante le planate a bassa potenza, di comportarsi come un modello tradizionale. Ovviamente non ha una grande efficienza ma la stranezza del modello in volo compensa le fatiche finora profuse. (Foto 8)

Il modello svola ma appare instabile lateralmente. Aumentando la spinta del motore abbiamo risultati non facilmente riproducibili: dando tutta potenza all'inizio del lancio cominciano i problemi seri: il modello cabra e rolla bruscamente (per lo più a sinistra) mettendosi anche in volo rovescio, come farebbe un modello con baricentro drammaticamente arretrato. L'uso del timone a contrastare il rollio non migliora le cose ma sembra peggiorarle. Se la potenza viene fornita gradualmente durante la planata va meglio ma non prende quota. In altri termini è ingovernabile.

Ferriamo le prove e torniamo "a casa" con filmati da studiare e soluzioni da trovare. Ma intanto sappiamo che il modello si può sostenere in volo. Il cilindro rotante funziona!

Il comportamento "cabrato" e la tendenza al rollio sinistro ci portano ad eliminare le correzioni al calettamento dell'elica, che riportiamo in posizione negativa e inclinata verso destra. Eliminiamo così gli effetti classici dell'elica e torniamo sul campo di volo con le ali colorate a fasce nere per verificarne la rotazione nei filmati (le alette in rotazione veloce sui video sembrano ferme).

Il modello ora ancora non sale ma plana con maggior stabilità, senza comportamenti strani e utilizzando piena potenza motore. Per facilitare la salita cominciamo ad aggiungere gradualmente peso in coda, aumentando la distanza di planata, fino a ritrovare le condizioni di instabilità già sperimentate; in questo modo troviamo la posizione corretta del baricentro: 2 cm davanti al longherone (ovvero davanti al centro di rotazione del cilindro).

Foto 9

Ci sembra di essere tornati agli albori dell'aviazione: abbiamo trovato un modo per "volare" ma non abbiamo né potenza né un controllo sufficiente. Si pongono molti interrogativi e cerchiamo di valutare le variabili: rotazione asimmetrica delle ali, diverso bilanciamento, diverso calettamento del motore, effetto giroscopico delle ali rotanti...

"O FAMO STRANO" - TERZA VERSIONE

L'analisi dei diversi voli fallimentari per mezzo dei filmati, ci porta ad apportare successive piccole modifiche ed aumentare gradualmente i tempi di volo. Il modello viene verniciato per facilitarne l'osservazione e renderlo più presentabile. Si pone ora il problema di capire dove possiamo arrivare con questo modello. (Foto 9 e 10)

VALUTAZIONI INTERMEDIE SULLA SPERIMENTAZIONE

Abbiamo realizzato un modello che permette di osservare l'effetto Magnus al lavoro, ma per realizzare una macchina volante controllata, il cammino ci appare ancora arduo.

Appaiono evidenti i limiti e le difficoltà della formula alare "a cilindro rotante":

- le energie necessarie per il funzionamento della macchina sono alte a causa della resistenza aerodinamica

- il controllo laterale è difficile perché l'autorotazione delle palette porta a squilibri difficilmente controllabili

- il timone per il controllo di direzione è molto lento nel correggere i rollii più accentuati.

Ci aspettavamo un modello decisamente più lento (con un volo tipo elicottero o autogiro), invece la velocità di volo ci sembra paragonabile a quella di un piccolo aliante. Anche il volo e la tendenza ad andare in "vite" sembrano quelli di un modello tradizionale.

Cosa possiamo sperare di ottenere ancora?

Appare evidente che la possibilità del modello di sostenersi è legata alla trazione, che deve essere decisamente superiore a quella di un modello normale; ricordiamo infatti che la rotazione dei "cilindri" è ottenuta a spese dell'energia cinetica di avanzamento.

Abbiamo sperimentato una notevole difficoltà sul controllo di assetto e la planata sembra ormai dipendere solo dall'entità della trazione sviluppata. Speranza recondita è quella di pilotare il modello in una sola virata di 360°. Ci riusciremo?

La determinazione del baricentro corretto ci ha portato ad avere voli ripetibili e sufficientemente stabili ma di durata non superiore ai tre secondi; le distanze percorse, in funzione del vento, si aggirano sui 10-20 metri

Una sostanziale differenza la osserviamo dopo le modifiche introdotte nella terza versione

- Riduciamo la resistenza "profilando" alla radice dell'ala il blocco di supporto dei longheroni.

- Proviamo al banco eliche e motori disponibili fino ad ottenere la trazione massima con i mezzi a nostra disposizione: da ora lavoreremo con l'elica già menzionata ottenendo però una trazione di 550 gr a 5500 giri grazie ad un motore più potente

- Per ultimo introduciamo l'elevatore mobile, sperando che un controllo sull'asse longitudinale ci permetta di ottenere qualcosa di più anche in termini di planata.

Il modello appare ora come in foto 10, andiamo a provarlo ottenendo finalmente risultati incoraggianti. Il volo diventa finalmente controllato.

Osserviamo senza alcun dubbio il mantenimento della quota e talvolta la possibilità di salire leggermente.

I tempi di volo "balzano" a 6-7 secondi con distanze intorno ai 40-50 metri. (Foto 11 e 12)

Giunti a questo punto non vogliamo rischiare di perdere il modello in un brutto atterraggio e chiediamo consulenza a un esperto aeromodellista: aspettiamo il signor Franco Fontana, che certamente avrà qualche buon consiglio da darci per migliorare il volo. Se avessimo prodotto una fusoliera ad hoc, la sua leggerezza sarebbe stata determinante per il volo del modello...pensateci se lo ricostruite. Ci sembra comunque che i limiti dell'attuale configurazione e dei mezzi a nostra disposizione siano stati raggiunti, possiamo trarre delle conclusioni per i noi e per i nostri studenti.

CONCLUSIONI E PROSPETTIVE

Il modello, appeso nell'atrio dell'Istituto, ha suscitato un notevole interesse negli studenti che notano subito "qualcosa di strano". La curiosità è evidente e le domande frequenti. Bè l'interesse risvegliato giustifica da solo questo esperimento e gli sforzi profusi.

Ma cosa possiamo dire ora? Innanzi tutto ci siamo scientificamente davvero divertiti! E non serve anche a questo l'aeromodellismo? Ogni balzo del modello è una vittoria accompagnata da una sincera meraviglia, non volerà granché ma è strano forte!

Al di là degli aspetti romantici possiamo dire due cose interessanti per le future evoluzioni del nostro esperimento: la sollecitazione intellettuale dell'attività, è all'altezza delle aspettative, gli studenti, pur non direttamente coinvolti in questa



ultima fase realizzativa, hanno mostrato interesse e partecipazione. Le speculazioni teoriche che ci siamo trovati a fare ci hanno fatto rendere conto che quella del cilindro rotante è ancora una nuova frontiera, una concezione aerodinamica da esplorare. Frontiera un tempo abbandonata perché l'ala convenzionale e l'ala rotante dell'elicottero hanno dato risultati più immediati. Oggi viene comunque riscoperta e considerata per idee innovative sulle energie rinnovabili.

L'aquilone della Magenn (www.magenn.com) o il generatore eolico della Mecaro (www.mecaro.jp/eng/index.html) dove le pale del rotore sono sostituite da cilindri, sono un chiaro esempio.

La formula da noi sperimentata, quella del modello volante con "cilindro rotante in autorotazione", determina un volo molto simile a quello di un aereo convenzionale, al costo di una trazione decisamente superiore. Non di meno il sistema funziona ed il passo successivo è quello di passare al cilindro motorizzato.

Come già accennato il cilindro potrebbe dare caratteristiche di volo simili a quelle di un auto-

giro senza i problemi tipici del rotore.

L'idea è sicuramente interessante, come dimostra il lavoro fatto in tal senso sulla FANWING di Patrick Peebles (www.fanwing.com) che pur non funzionando sull'effetto Magnus, rende l'idea di cosa si potrebbe realizzare.

Nel nostro ambito scolastico penso che svilupperemo qualcosa di simile in piccolo, magari mettendoci ancora del nostro e producendo una nuova versione dell' "O Famo Strano".

Per quanto ci riguarda questo esperimento rimane aperto a chi volesse contribuire con idee ed esperienze; le persone interessate troveranno in me un attento lettore. Potete quindi scrivermi al seguente indirizzo: m.bevilacqua@itaer.it

Nella sezione "sperimentazione" del sito www.paer.it troverete tutti i passi preliminari alla realizzazione del modello: la descrizione dell'approccio teorico-sperimentale ed i filmati degli esperimenti e delle prove di volo (www.paer.it/cilindro.html).

Massimo Bevilacqua

