

Traduzione dell'articolo "FLUTTER DOOMED GALLOPING GHOST" di J. Mac McClellan tratto dalla rivista Sport Aviation di dicembre 2012.

IL FLUTTER HA CONDANNATO GALLOPING GHOST.

SOMMARIO

L'autore riesamina il rapporto del NTSB sull'incidente del P51 modificato per sensibilizzare i costruttori di velivoli amatoriali a una maggior attenzione all'introduzione di modifiche non sufficientemente documentate e provate sia a quello del flutter. L'autore riprende la tesi del NTSB secondo il quale, tra l'altro, un errato impiego di dadi autobloccanti sul trim, che è uno dei comandi di volo, ha contribuito a scatenare la serie di eventi flutter, perdita di controllo del velivolo e determinato l'incidente finale.

Poco dopo che il modificatissimo North American P 51, chiamato *Galloping Ghost*, era precipitato durante una gara a Reno nel 2011, uccidendo il pilota Jimmy Leeward e altre dieci persone a terra, molti piloti discutevano come un'avaria dell'aletta trim potesse aver fatto precipitare il velivolo. Dopo un anno il report finale del NTSB confermò che colpevole era l'aletta trim dell'equilibratore.

Nel giro di poche ore successive alla tragedia, cominciarono a comparire sul web delle foto a risoluzione molto alta degli ultimi istanti. In alcune di queste, si può vedere il trim dell'equilibratore sinistro sganciarsi e penzolare nel flusso prima di essere strappato via. Un trim tab è una parte veramente piccola di un velivolo, ma i piloti sanno istintivamente che è critica.

Una serie di foto di eccellente qualità mostra Leeward in virata intorno al pilone proprio di fronte alle tribune. Il veramente potente velivolo aveva un bank di circa 70 gradi a sinistra, assetto tipico per racers Unlimited durante una virata attorno ad un pilone.

Altre foto mostrano che il bank del *Ghost* era aumentato rapidamente a sinistra fino a 90 gradi o più, seguito da un contro rollio verso destra e da un'incredibile richiamata secca. Il velivolo stava volando a oltre 400 kts e la completa perdita di controllo avvenne in una frazione di secondo.

Almeno una foto mostra chiaramente che Leeward non era visibile attraverso il tettuccio dato che il velivolo era quasi di fronte. L'enorme forza d'inerzia della richiamata lo aveva spinto in basso nella cabina e fuori vista.

Galloping Ghost guadagnò rapidamente l'apice del suo avvicinamento, rollò in una picchiata verticale e si infranse al suolo davanti alle tribune. L'impatto e i pezzi schizzati via uccisero 10 persone e ne ferirono altre 64, di cui almeno 16 con gravi ferite.

Anche se la perdita dell'aletta trim è stato il primo sospetto come causa dell'incidente, il NTSB spese quasi un anno per investigare su tutti gli elementi prima di redigere il rapporto finale. Anche se non c'erano a bordo mezzi di registrazione della traiettoria del volo, c'erano i dati telemetrici dei parametri del motore e un notevole numero di fotografie di ottima qualità della sequenza dell'incidente per aiutare molto la ricerca investigativa.

Quello che gli investigatori del NTSB trovarono fu che l'aletta dell'equilibratore sinistro andò per qualche istante in flutter prima dell'incidente. La sollecitazione dovuta al flutter fu così elevata da far flettere e strappare l'asta di collegamento del tab al suo attuatore. Una volta che l'aletta fu libera di oscillare con un angolo notevole, le cerniere di vincolo all'equilibratore si ruppero rapidamente.

La perdita dell'aletta trasferì immediatamente l'enorme carico a cabrare dell'equilibratore sulla barra di comando. Quella era in posizione "sù" sul bordo d'uscita, cioè teneva l'equilibratore a picchiare. Perso il tab, subito l'equilibratore ruotò verso l'alto (perché la forza dell'equilibratore è diretta verso l'alto e non è stata più equilibrata dall'aletta, ndt). Il NTSB non riporta una stima del valore dell'improvvisa forza sulla barra, ma osserva che potrebbe essere stata troppo elevata per poter essere contrastata dal pilota.

Il flutter del trim sinistro divelto ha eccitato quello del trim dell'equilibratore destro. L'aletta destra era stata bloccata e mantenuta in posizione con una spina d'acciaio, invece che con il classico sistema di attuazione del trim. Ma i carichi sono diventati così elevati che l'asta che la bloccava si è rotta, permettendole di oscillare violentemente.

Il risultato della rottura del trim fu una violenta richiamata che il NTSB determinò raggiungere i 17,3g sul velivolo e sul suo pilota. L'agenzia riporta che sotto un simile carico inerziale il tempo di mantenimento della coscienza del pilota sarebbe stato inferiore a un secondo. Una volta che la violenta richiamata con rollio destro con la sua forza incredibile ebbe inizio, il velivolo stava volando proprio senza pilota.

Galloping Ghost era stato consegnato alla U.S Army Air Forces due giorni prima del Natale del 1944. Il report del NTSB non fornisce notizie sulla storia militare del velivolo P-51D, prima di essere venduto come surplus nel luglio 1946. Comparve per la prima volta al campionato nazionale di velocità di Reno nel 1969 e gareggiò fino al 1982. L'anno successivo Leeward acquistò il velivolo e gareggiò a Reno fino al 1989, quando lo mise in magazzino.

L'agenzia riporta che tra il 2007 e il 2009, il *Galloping Ghost* fu sottoposto a profonde modifiche in Texas, Arizona e Nevada. Le modifiche furono completate a fine 2009 e il velivolo restò in Nevada.

Tra le modifiche maggiori al velivolo ci fu l'accorciamento di circa 8 ft dell'ala (2,4 m), rendendo quel P-51 con l'ala più corta tra quelli in gara a Reno nel 2011. Gli alettoni furono accorciati da circa 7 ft a circa 3 ft (da 2,1 a 0,9 m). L'angolo d'incidenza dei piani di coda orizzontale e verticale furono cambiati e l'apertura del piano orizzontale fu ridotta da oltre 13 ft (3,9 m) a circa 12 ft (3,6m). Il Rolls-Royce Merlin fu messo a punto per la corsa e fu installato un impianto di raffreddamento boil-off.

Il raffreddamento boil-off usa un liquido per asportare il calore dal motore e dall'olio invece del radiatore convenzionale del P-51 che lo trasferisce all'aria attraverso una presa apposita installata sul ventre del velivolo. Il sistema boil-off elimina la resistenza aerodinamica del radiatore e della sua presa di raffreddamento. Il liquido di raffreddamento è sacrificato durante l'operazione "boil-off", ma la breve durata di una gara di Reno lo rende una scelta valida per imbarcare il peso necessario di sufficiente liquido di raffreddamento ed eliminare la resistenza del radiatore.

Il tettuccio del *Gallopig Ghost* fu sostituito da una piccola bolla e la gobba della fusoliera fu avviata per ridurre la resistenza.

Ci sono state anche delle modifiche importanti ai comandi di volo. Il contrappeso dell'equilibratore fu aumentato a circa 26 lb per lato in confronto a quello massimo di serie del North American di 13,75 lb. Il rapporto non precisa il motivo dell'aumento dei pesi o suppone che sia stato fatto per aumentare la velocità. La funzione principale del contrappeso di una superficie di comando, spesso chiamata massa di bilanciamento, è di ridurre la probabilità del flutter. Forse il peso superiore fu inteso per aumentare il margine sul flutter quando il velivolo vola a velocità superiori a quelle del progetto originale.

Anche il contrappeso (bob weight) del comando longitudinale fu ridotto. Molti velivoli presentano una massa fissata al circuito del comando longitudinale in modo tale che, quando il fattore di carico aumenta, l'inerzia della massa esercita una forza verso il basso sulla barra di comando. Il contrappeso fa sentire al pilota uno sforzo maggiore sulla mano indicando che il velivolo è sottoposto a fattori di carico positivi. Con un carico normale di 3g nella classe Unlimited sul velivolo che vira attorno al pilone, capite perché un pilota vorrebbe limitare lo sforzo extra generato dal bob weight.

Il NTSB ha trovato una limitata documentazione o rapporti delle prove di volo per molte modifiche. L'ala più corta e più piccola rappresenta un vantaggio ovvio per la riduzione della resistenza. Un'ala più corta è più resistente perché il momento flettente è minore. Bloccare un trim in posizione neutra può ridurre la resistenza di quel lato, ma è difficile capire quanto la resistenza totale di trim di una sola aletta mobile possa essere più bassa dato che si sobbarca tutto il carico invece di ripartirlo. Forse avevano sperato che la variazione dell'incidenza dello stabilizzatore avrebbe eliminato la necessità di deflettere un trim. Ma le foto mostrano che il tab sinistro mobile era deflesso durante la corsa incriminata e durante altre gare e i giri di qualificazione prima dell'incidente.

Secondo il rapporto di peso e centraggio del 2009, il *Gallopig Ghost* aveva un peso a vuoto di 6474 lb, al confronto delle 7635 lb del P-51 di serie. Il NTSB stimò che al momento dell'incidente il velivolo pesava 7760 lb.

NTSB riporta che la documentazione di molte modifiche non era completa come richiesto dalle regole che governano la classe delle costruzioni sperimentali. Il NTSB non avrebbe trovato la documentazione che dimostri che il velivolo avesse volato per prova per almeno tre ore, così come richiede la FAA dopo il completamento di modifiche maggiori.

Tuttavia molto presto gli investigatori del NTSB si concentrarono sulla condizione dei bulloni di fissaggio della cerniera dell'aletta sinistra all'equilibratore. L'analisi ha rivelato che un bullone si è rotto per fatica e che gli altri erano allentati. I bulloni sono avvitati nei dadi autofrenanti che hanno un inserto di materiale fibroso che crea dell'attrito sui filetti della vite, evitandone l'allentamento. Il NTSB ha scoperto che alcuni bulloni erano di lunghezza sbagliata e che erano stati installati e rimossi molte volte. Ogni volta che un bullone è avvitato o rimosso dal suo autobloccante, il materiale fibroso si usura e determina un attrito inferiore per mantenerlo in sede. L'agenzia determinò, in base ai residui di vernice, che alcuni dei locknuts non erano stati sostituiti prima del 1985 e la fibra era talmente usurata da esercitare solo una piccola tenuta sui bulloni.

La perdita dei bulloni di fissaggio dell'aletta del trim è critica perché ogni libertà di movimento cambia la rigidità di tutta la struttura. Ogni struttura ha un modo e una frequenza naturale aeroelastica, flessione (ma anche di torsione, ndt). L'analisi ingegneristica seguita dalle prove in volo dimostrò che i carichi aerodinamici nel campo operativo (o inviluppo di volo, ndt) del velivolo non eccitano i modi flessionali (e torsionali, ndt) della struttura che aumentano fino al flutter. Per i velivoli certificati le prove di flutter sono eseguite a velocità oltre il limite dei valori operativi normali e si applicano degli impulsi tentando di eccitare il flutter. Alcune prove di flutter impiegano anche dei mezzi pirotecnici, di tipo simile alle cartucce dei fucili da caccia, applicati alle superfici di comando per eccitare ogni frequenza aeroelastica problematica e verificare se la superficie va in flutter. Se il modo oscillatorio è divergente, il che significa che la sua ampiezza e frequenza aumentano senza limite, una cellula può essere portata a rottura in uno o due secondi.

Il NTSB determinò che i bulloni allentati della cerniera del trim sinistro del *Galloping Ghost* alterarono la rigidità dell'intera catena del trim. L'aletta eseguì una serie non nota di oscillazioni su e giù e i carichi aumentarono rapidamente fino al punto che la singola asta di comando del trim si fletté e si ruppe. Quest'avaria è così critica che i velivoli a turbina che hanno il trim tab devono avere un'asta di comando ridondante (il flutter è funzione diretta della velocità, ndt).

Il rapporto NTSB include una sequenza temporale degli eventi nel momento critico. Iniziando quando il *Galloping Ghost* vira attorno al pilone 8, dopo 0,27 s, circa 1/4 di secondo, una foto mostra il bordo d'uscita del trim sinistro ruotato verso l'alto e l'alettone destro ruotato per contrastare il bank a sinistra. A 0,56 s una foto mostra il bordo d'uscita del trim sinistro angolato oltre 21°, mentre il limite meccanico è di 13° sù. In quel momento qualcosa si era rotto.

A 0,83 s nella sequenza dell'incidente il velivolo ha un bank di 93° a sinistra. A 1,3 s il velivolo ha raggiunto la massima accelerazione verticale di 17,3g, il trim destro era libero con il bordo d'uscita giù e il sinistro allineato nel vento. A 3,1 s il velivolo ha raggiunto l'apice della salita e il trim sinistro sembra rotto. A 4,6 s una parte del trim sinistro appare mancante. A 9,1 s il velivolo urta il suolo.

La rottura critica è avvenuta in circa 1/4 – 1/2 s. In poco più di un secondo il velivolo si era già trovato in un volo incontrollato a cui una persona non può sopravvivere.

Può l'usura di un autobloccante causare un tale improvvisa e disastrosa rottura e la perdita di controllo? Il NTSB ritiene che sia vero. La causa probabile dell'incidente secondo l'agenzia è la “ridotta rigidità dell'impianto del trim dell'equilibratore che ha consentito il determinarsi del flutter aerodinamico alle velocità di gara. La ridotta rigidità è stata una conseguenza del logorio degli inserti dei locknuts che ha permesso alle viti di fissaggio dell'aletta del trim di allentarsi e iniziare la formazione di una cricca di fatica in una vite già prima dell'incidente in volo. Il flutter aerodinamico delle alette trim ha determinato la rottura dell'assieme di collegamento del trim sinistro, il movimento dell'equilibratore, elevati carichi di volo e perdita di controllo”.

L'agenzia ha stabilito che “hanno contribuito all'incidente la mancanza di documentazione e di prova delle modifiche maggiori al velivolo e l'utilizzazione da parte del pilota del velivolo solo nell'ambiente di gara senza adeguate prove di volo”.

Segue il disclaimer della EAA secondo cui l'articolaista si attiene solo al rapporto ufficiale finale del NTSB e non intende esprimere alcuna valutazione conclusiva su persone vive o morte o velivoli o accessori. L'unico intento è di richiamare l'attenzione del lettore agli aspetti sollevati dal report.