

INCIDENTE aeromobile Stinson L-5, marche I-AEEI

Tipo dell'aeromobile e marche	Stinson L-5, marche I-AEEI.
Data e ora	18 marzo 2004, 13.55 UTC (14.55 ora locale).
Località dell'evento	Località "Quart", a circa 2000 metri a Nord-Est dell'Aeroporto Regionale di Aosta.
Descrizione dell'evento	Dopo il decollo, durante la fase di salita con aliante al traino, si verificava il distacco dell'elica dal motore.
Esercente dell'aeromobile	Aero Club "Valle d'Aosta".
Natura del volo	Turismo (traino alianti).
Persone a bordo	Una (pilota).
Danni a persone e cose	Nessun danno alle persone a bordo o a terzi in superficie. Danneggiamenti all'elica ed al motore.
Informazioni relative al personale di volo	Pilota: maschio, 64 anni, nazionalità tedesca. Titolare di licenza di pilota privato di velivolo PPL (A) rilasciata dall'Autorità aeronautica tedesca, in corso di validità. Titolare altresì di licenza di pilota privato di velivolo PPL (A), rilasciata dall'Autorità aeronautica tedesca in accordo alle norme JAR FCL, in corso di validità. Visita medica di seconda classe in corso di validità. Abilitazioni in esercizio: SEP land, CRI (SEP land), istruttore di volo (FI PPL e FI TMG), motoaliante (TMG), CRI (TMG), volo notturno, volo acrobatico.

Il pilota era anche titolare di licenza di pilota di aliante, rilasciata dall'Autorità aeronautica tedesca, in corso di validità.

Esperienza di volo.

Il pilota, alla data dell'evento, aveva effettuato circa 3000 ore di volo totali, di cui 1300 ore su velivoli e 1700 ore su alianti; nei 30 giorni precedenti l'evento aveva effettuato circa 30 ore di volo totali, di cui 20 su velivoli e 10 su alianti.

**Informazioni relative
all'aeromobile ed al
propulsore**

Aeromobile.

- Monomotore con precedente matricola militare 52958, immatricolato con marche civili in data 6.11.1954.
- Certificato di immatricolazione n. 3774.
- Certificato di navigabilità n. 8766/a del 24.2.1999 in corso di validità (scadenza 21.2.2005).
- Ore totali: 4905,15.
- Ore di volo da ultima revisione generale: 419,53.
- Ore di volo da ultima ispezione: 14,28.
- Ultima ispezione (100h annuale) effettuata in data 14.12.2003.
- TBO: 1000h.

Motore.

- Lycoming tipo O-540-B1A5/235 hp.
- S/N RL-16565-40.
- Ore totali: 1418,26.
- TBO: 2000h.

Elica.

- Hoffmann quadripala in legno a passo fisso (Allegato "A", foto n. 1), tipo HO4/27BHM 185-110.
- S/N 79161.
- Ore totali: 57,58.

Informazioni sull'aeroporto

L'aeroporto di Aosta (LIMW) è un aeroporto civile aperto al traffico turistico e commerciale internazionale. E' situato ad un'altitudine di 545 metri s.l.m. ed è dotato di una pista con le seguenti caratteristiche:

- pavimentazione in asfalto;
- designazione numerica 08-27;
- orientamento magnetico 085°-265°;
- dimensioni 1240x30 metri.

Informazioni meteorologiche

Le condizioni meteorologiche al momento dell'incidente, così come registrate dall'ufficio meteorologico della regione autonoma Valle D'Aosta, erano caratterizzate da una buona visibilità, con temperatura di circa 20° C, umidità relativa intorno al 18%, vento proveniente da Sud-Ovest, intensità 2 nodi.

Altre informazioni

Nessuna.

Analisi*Storia del volo.*

Subito dopo il decollo, avvenuto per pista 09 con aliante al traino, raggiunta la quota di circa 1800 piedi AGL, nel sorvolare il castello di Quart, situato ad una distanza di circa 2000 metri a Nord-Est della pista, il pilota avvertiva una vibrazione al motore che rapidamente aumentava di intensità.

Dopo circa 30 secondi dall'inizio della vibrazione, si verificava il distacco completo dell'elica dal motore.

Con i giri del motore che rapidamente si portavano oltre i limiti, il pilota riduceva la manetta al minimo e sganciava il cavo di traino. L'aliante proseguiva regolarmente il proprio volo, mentre il velivolo, dopo lo sgancio, invertiva la propria direzione di volo e, in planata, si portava all'atterraggio sull'aeroporto di partenza come da ricostruzione in Allegato "A", foto n. 2.

L'atterraggio avveniva sul prato adiacente la pista, con direzione opposta rispetto a quella di decollo, senza ulteriori problemi o danni al velivolo e a terzi.

L'elica veniva rinvenuta in un bosco, in prossimità del castello di Quart, pressoché integra con una pala conficcata nel terreno ed una danneggiata (Allegato "A", foto n. 3).

Elica.

L'elica, tipo HO4/27BHM 185-110, S/N 79161, è stata prodotta in data 11.3.2003, come da JAA FORM ONE n. SA21/2003. Al momento del distacco l'elica aveva effettuato 57,58 ore di volo totali.

Dall'ultima ispezione, avvenuta in data 14.12.2003, l'elica aveva effettuato 14,28 ore di volo in un periodo di utilizzo di circa tre mesi.

L'esame dell'elica dopo il recupero ha evidenziato la presenza di una pala spezzata a circa metà della sua lunghezza, una seconda pala spezzata in prossimità della propria estremità, mentre le altre due risultavano essere integre e prive di danni rilevanti (Allegato "A", foto n. 3 e n. 4).

Le fibre lignee delle zone di rottura delle due pale e le evidenze sulla superficie delle stesse indicavano un cedimento per sovra sollecitazione da urto con il terreno.

Ogiva.

L'ogiva in alluminio risultava ancora vincolata al mozzo e trattenuta in posizione dalla relativa piastra "portaogiva". Su di essa e sul bullone di fissaggio non sono state riscontrate rotture, deformazioni o anomalie di alcun genere (Allegato "A", foto n. 3).

Flangia albero motore.

La superficie di contatto della flangia albero motore con il distanziale in alluminio presentava consistenti danneggiamenti da martellamento e *fretting* (Allegato "A", foto n. 5). All'interno delle boccole filettate innestate sulla flangia stessa erano presenti le estremità tranciate dei bulloni di fissaggio dell'elica.

All'interno della boccola n. 1, relativa al bullone n. 1, indicato come tale per convenzione nelle foto in Allegato "A", non era presente alcuna parte di bullone. L'imboccatura presentava un'ampia deformazione verso l'esterno, dovuta sicuramente ad un forte disallineamento del relativo bullone durante la sua fuoriuscita (Allegato "A", foto n. 5 e n. 6).

Sistema di fissaggio all'albero motore.

Così come illustrato nella figura 1 dell'Allegato "A", l'elica è installata sull'albero motore con i seguenti elementi di fissaggio:

- distanziale in lega di alluminio;
- piastra circolare in lega di alluminio definita "portaogiva";
- numero sei bulloni con relative rondelle di spessoramento.

I bulloni si avvitano nelle rispettive boccole filettate sulla flangia albero motore così da serrare "a pacco" sulla flangia stessa il complessivo mozzo elica con piastra e distanziale.

Distanziale.

Il distanziale, in lega di alluminio, di forma troncoconica, era ancora poggiato sul mozzo per la sua base maggiore, trattenuto dai sei bulloni di fissaggio elica ancora in sede nei rispettivi fori di passaggio. I bulloni risultavano tranciati alle rispettive estremità filettate per una lunghezza pari allo spessore del distanziale stesso (Allegato "A", foto n. 7). Solo un bullone si presentava ancora integro e con la sua estremità filettata che fuoriusciva dalla base minore del distanziale. L'estremità presentava un'ampia deformazione dello stelo filettato che impediva al bullone di sfilarsi dai fori, così da trattenere in posizione tutti gli altri elementi sul mozzo elica.

La superficie della base minore del distanziale che, con elica installata, è a contatto con la flangia albero motore, presentava consistenti danneggiamenti da martellamento e *fretting* (Allegato "A", foto n. 7).

Mozzo elica lato distanziale.

Dopo la rimozione del distanziale dal mozzo dell'elica, si notava che l'area circolare di contatto sul mozzo stesso era totalmente priva dello strato di vernice protettiva. La vernice, infatti, era stata completamente asportata per usura fino a lasciare scoperta la struttura lignea sottostante (Allegato "A", foto n. 8).

Piastra "portaogiva".

La piastra "portaogiva", dopo la rimozione dell'ogiva stessa, era trattenuta in posizione sul mozzo dai bulloni di fissaggio ancora in sede nei rispettivi fori (Allegato "A", foto n. 9).

Sulla superficie della piastra erano rilevabili sei zone di deposito di colore scuro che, in senso radiale, si dipartivano dalla sede dei bulloni di fissaggio fino al bordo della piastra stessa. Il deposito era costituito da un leggero strato di pulviscolo scuro che, fuoriuscito dalla sede dei bulloni, era stato proiettato verso l'esterno per effetto della forza centrifuga generata dalla rotazione dell'elica (Allegato "A", foto n. 9).

Sulle teste esagonali dei bulloni risultava stampata a rilievo la sigla "FP20-147 MC 00V". Tale codice identifica il P/N dei bulloni da utilizzare per il fissaggio dell'elica, come da Service Bulletin 61-11-03E10A del 28 luglio 1998 emesso da Hoffmann Propeller GmbH & CO KG. I bulloni installati erano quindi del tipo previsto dal costruttore per tale utilizzo (Allegato "A", foto n. 10).

Unitamente all'elica l'esercente dell'aeromobile ha anche inviato all'ANSV un bullone integro da utilizzare quale elemento di riferimento dimensionale per gli altri bulloni tranciati. Tale bullone, tuttavia, riportava incisa sulla testa la sigla MBV e quindi, anche se di dimensioni identiche, non poteva essere confrontato con i bulloni previsti per il sistema elica in esame.

Secondo quanto riportato sul Service Bulletin applicabile, i bulloni devono essere serrati alternativamente in senso diametralmente opposto (*crosswise*) con una coppia di 33-35 Nm applicata in rota-

zione oraria e bloccati con filo di frenatura a coppie di due.

Sulle teste esagonali dei sei bulloni erano ancora presenti le 3 frenature di sicurezza in filo di acciaio inox ritorto (Allegato “A”, foto n. 10). La frenatura effettuata tra i bulloni n. 1 e n. 2 risultava spezzata in corrispondenza della testa del bullone n. 1. L’esame della rottura del filo e le deformazioni presenti attestano che la rottura è avvenuta per superamento del carico di rottura del filo stesso a causa di una forza generata dalla rotazione in senso antiorario (di svitamento) dal bullone n. 1.

Lo svitamento del bullone è sicuramente stato indotto dalla rotazione del motore dopo il cedimento degli altri cinque bulloni.

Le altre due frenature risultavano essere integre e senza evidenze di rotazioni anomale dei rispettivi bulloni.

L’esame delle frenature sulle teste dei bulloni n. 3 e n. 5 evidenzia una tecnica di esecuzione delle stesse non propriamente conforme ai corretti schemi riportati come esempio in Allegato “A”, figura n. 2.

Infatti, allo scopo di evitare l’allentamento accidentale dei bulloni, una parte del tratto ritorto dei fili di acciaio dovrebbe avvolgere la testa del bullone in senso opposto a quello di allentamento per un arco di circa 180°. Tale conformazione consente ai fili di acciaio di opporsi con un’adeguata forza tangenziale, così da opporsi ad un’accidentale rotazione in senso antiorario del bullone.

Sulle teste dei bulloni n. 3 e n. 5 il tratto ritorto dei fili risultava invece essere allineato con il foro di ancoraggio. Una tale disposizione del filo consente un certo grado di libertà in entrambi i sensi di rotazione dei bulloni, prima dell’insorgenza di un’adeguata forza di opposizione.

Dopo la rimozione dei bulloni dai rispettivi fori di passaggio si rilevava, sulla superficie della piastra “portaogiva”, la presenza di zone di usura a forma di corona circolare in corrispondenza dell’area di contatto delle rondelle di spessoramento dei bulloni con la piastra (Allegato “A”, foto n. 11).

Mozzo elica lato piastra “portaogiva”.

Dopo la rimozione della piastra “portaogiva” dal mozzo dell’elica, si notava che sulle superfici di contatto della piastra e del mozzo erano presenti sei zone di deposito di pulviscolo di colore scuro che, in senso radiale, si dipartivano dai fori di passaggio dei bulloni fino al bordo esterno della zona di contatto (Allegato “A”, foto n. 12). Tali zone erano costituite da un consistente strato di pulviscolo scuro aderente alla superficie della piastra e del mozzo. Il pulviscolo, generato dallo sfaldamento progressivo della vernice del mozzo lato distanziale e fuoriuscito dai fori di passaggio dei bulloni, è stato proiettato, per effetto della forza centrifuga, verso l’esterno nell’intercapedine creatasi tra la piastra “portaogiva” e la parte piana del mozzo.

La presenza di tale intercapedine è da considerarsi alquanto anomala, in quanto il corretto serraggio dei bulloni avrebbe dovuto garantire una condizione di perfetta aderenza della piastra con la superficie del mozzo e di conseguenza un solido bloccaggio a pressione degli stessi.

La presenza di tale intercapedine dimostra che l’elica ha funzionato per un certo periodo in condizioni di serraggio non adeguato dei bulloni di fissaggio, tale da creare anche una zona di lasco tra il mozzo e la piastra “portaogiva”, con conseguente movimento relativo tra le due parti.

Bulloni di fissaggio.

Cinque bulloni sono stati rimossi agevolmente dai rispettivi fori, in quanto tranciati a circa metà del relativo gambo filettato (Allegato “A”, foto n. 13 e n. 14). Per il bullone n. 1, invece, è stato necessario procedere al taglio della testa, in quanto la sua estremità filettata era piegata in modo tale da impedirne lo scorrimento nei fori di passaggio (Allegato “A”, foto n. 15). Proprio questa particolarità del bullone n. 1 ha consentito la permanenza in sede di tutti gli elementi di fissaggio dell’elica dopo la sua separazione in volo dal motore.

L'integrità della parte filettata del bullone n. 1 dimostra che lo stesso si è svitato dalla propria sede solo dopo la rottura degli altri cinque. L'azione di svitamento del bullone è stata indotta dalla rotazione asimmetrica dell'elica rispetto all'albero motore, in quanto non più tenuta in asse dai restanti bulloni. La forza generata da tale azione di svitamento ha provocato la rottura del filo di frenatura.

L'azione di svitamento, avvenuta in maniera incontrollata, ha comportato sollecitazioni anomale sul gambo filettato del bullone che, sfilandosi dalla rispettiva boccola, si è anche deformato senza subire rotture. Al momento del completo sfilamento del bullone dalla boccola, l'estremità filettata ha interferito con il bordo della boccola stessa, danneggiandolo.

Sulla parte non filettata di tutti i bulloni sono stati rilevati due settori a sviluppo semi-circonfrenziale caratterizzati da usura e danneggiamento della superficie dello stelo.

Il primo settore risultava posizionato in prossimità della testa del bullone, per un'estensione longitudinale corrispondente allo spessore della piastra "portaogiva" più la rondella di spessoramento (Allegato "A", foto n. 15); il secondo era invece localizzato in prossimità dell'estremità filettata, per un'estensione pari allo spessore del distanziale in alluminio (Allegato "A", foto n. 16).

La presenza di tali aree di usura sugli steli dei bulloni attesta un contatto ciclico in tale zona degli elementi metallici di fissaggio dell'elica. Il contatto ha quindi trasmesso sugli steli una sollecitazione a flessione, che si è scaricata ciclicamente e sempre sullo stesso settore di contatto.

Il fatto che tale sollecitazione si sia scaricata solo su di un lato della circonferenza degli steli dimostra anche che i bulloni non hanno subito alcuna rotazione rispetto alla loro iniziale posizione di serraggio e frenatura.

La ciclica sollecitazione a flessione alla quale sono stati soggetti i bulloni è stata determinata da una condizione di insufficiente

serraggio dei bulloni stessi, che non ha consentito di rendere perfettamente solidale la flangia dell'albero motore con il mozzo dell'elica.

Infatti, durante il normale funzionamento di un motore alternativo, la fase di scoppio, che avviene per ogni cilindro, genera anche una variazione ciclica della velocità angolare di rotazione dell'albero motore. La forza di inerzia opposta dalla massa dell'elica durante tale variazione di velocità, qualora essa non sia totalmente solidale con l'albero motore, tende a scaricarsi sui bulloni, esercitando, sui punti di contatto con gli elementi di fissaggio, una ciclica sollecitazione a flessione.

Sulle teste esagonali dei bulloni era stampigliata la sigla "FP20-147 MC 00V". L'utilizzo di tali bulloni su eliche in legno Hoffmann è stato reso obbligatorio a partire dal 28 luglio 1998 con Service Bulletin 61.11.03 E10A (Allegato "B") in sostituzione dei bulloni FP20-147 utilizzati in precedenza.

Nelle istruzioni di montaggio è prevista l'applicazione di una coppia di serraggio nominale pari a 33-35 Nm, che deve essere obbligatoriamente verificata dopo il primo volo dall'installazione dell'elica.

Successivamente, così come previsto anche dall'Operation and Maintenance Manual n. E0110.74 (edizione febbraio 2002), il controllo della coppia di serraggio deve essere effettuato alle prime 25 ore di volo e successivamente quando necessario, ma non oltre le 50 ore di volo.

Infine, nello stesso Service Bulletin è specificato che la coppia di serraggio dei bulloni su eliche in legno risente delle variazioni dimensionali del legno stesso indotte dalla variabilità delle condizioni climatiche (temperatura ed umidità), per cui il controllo del corretto serraggio deve essere effettuato tassativamente agli intervalli previsti dal manuale di manutenzione.

Analisi particolari effettuate.

In Allegato "C" viene riportata integralmente la relazione del Reparto Chimico del Centro Sperimentale Volo dell'Aeronautica Militare riguardante le analisi tecnologiche effettuate sui bulloni di fissaggio.

Da tale analisi, in particolare dall'esame microfrattografico, è emerso che le rotture dei bulloni sono avvenute a seguito di un meccanismo di fatica indotto da una sollecitazione a flessione alternata sugli steli.

L'esame metallografico ha accertato anche che la composizione del materiale dei bulloni è quella di un acciaio rispondente allo standard inglese BS823M30.

Unitamente ai bulloni di fissaggio l'esercente del velivolo aveva inviato anche un bullone integro come riferimento dimensionale. Le analisi chimiche sono state comunque estese anche su questo bullone, ma il differente P/N di quest'ultimo non consente una realistica comparazione delle caratteristiche tecnologiche.

Considerazioni.

Sul mozzo elica e sugli elementi di fissaggio al motore è stata rinvenuta una consistente quantità di pulviscolo da usura e sfregamento di parti in movimento relativo.

L'accumulo in senso radiale del pulviscolo presente attesta che esso è stato prodotto con elica in rotazione e per un tempo prolungato.

La totale asportazione dello strato di vernice nella zona di contatto del mozzo con il distanziale in alluminio, così come il consistente danneggiamento delle superfici di contatto tra la flangia albero motore ed il distanziale in alluminio stesso, attestano la presenza di un collegamento non solidale tra l'albero motore e gli elementi di fissaggio dell'elica, che ha comportato un prolungato movimento relativo tra le parti durante l'utilizzo dell'aeromobile.

L'integrità delle frenature di bloccaggio sulle teste dei bulloni e le impronte di martellamento presenti solo su di un lato della circonferenza degli steli attestano che i bulloni non hanno subito movimenti di rotazione, e quindi di allentamento durante l'impiego dell'aeromobile.

Una tale condizione di scarsa solidità di fissaggio tra le parti del mozzo può essere causata solo da una mancata applicazione della corretta coppia di serraggio sui bulloni di fissaggio o da una riduzione della stessa per variazione dimensionale del mozzo in legno.

E' possibile, infatti, che in presenza di variabilità delle condizioni climatiche (umidità e temperatura) il legno del mozzo possa subire una riduzione del suo spessore con conseguente allentamento della forza di accoppiamento alla flangia dell'albero motore.

Causa identificata o probabile

Per quanto rilevato ed analizzato è possibile attribuire la causa del distacco dell'elica in volo ad una insufficiente coppia di serraggio dei bulloni di fissaggio dell'elica al motore.

Una insufficiente applicazione della coppia di serraggio può essere stata originata da una delle seguenti condizioni:

- mancata applicazione del corretto valore di coppia al momento dell'ultima verifica periodica;
- non corretta taratura delle chiavi torsionometriche utilizzate;
- errata applicazione della coppia di serraggio per errore di calcolo nella trasformazione dei corretti valori nelle diverse unità di misura applicabili (Nm, lbin; kgm, ecc.);
- variazione dimensionale del mozzo in legno con conseguente alterazione della originaria e corretta coppia di serraggio dei bulloni.

Non sono stati individuati sufficienti elementi oggettivi che possano ricondurre con assoluta certezza ad una delle suddette condizioni.

Raccomandazioni di sicurezza

Vista la causa dell'evento, non si ritiene necessario emettere specifiche raccomandazioni.

Si ritiene opportuno, tuttavia, sensibilizzare gli operatori ad un puntuale rispetto delle procedure di installazione e manutenzione dei componenti aeronautici, ponendo particolare attenzione alla componentistica in legno, le cui caratteristiche risentono notevolmente delle variazioni climatiche in cui vengono impiegate.

Si sottolinea, inoltre, l'importanza dei controlli pre-volo, la cui accuratezza di esecuzione consente di rilevare la presenza, anche minima, di depositi o polveri in prossimità di giunzioni o collegamenti. Tale presenza è un sicuro indizio che qualcosa di anormale è in atto sugli elementi in questione e pertanto, prima di intraprendere il volo, gli stessi devono essere sottoposti ad una accurata verifica della loro integrità e della stabilità di collegamento.

ALLEGATO A:

documentazione fotografica.

ALLEGATO B:

S.B. 61-11-03 E10A.

ALLEGATO C:

relazione n. 04/360.

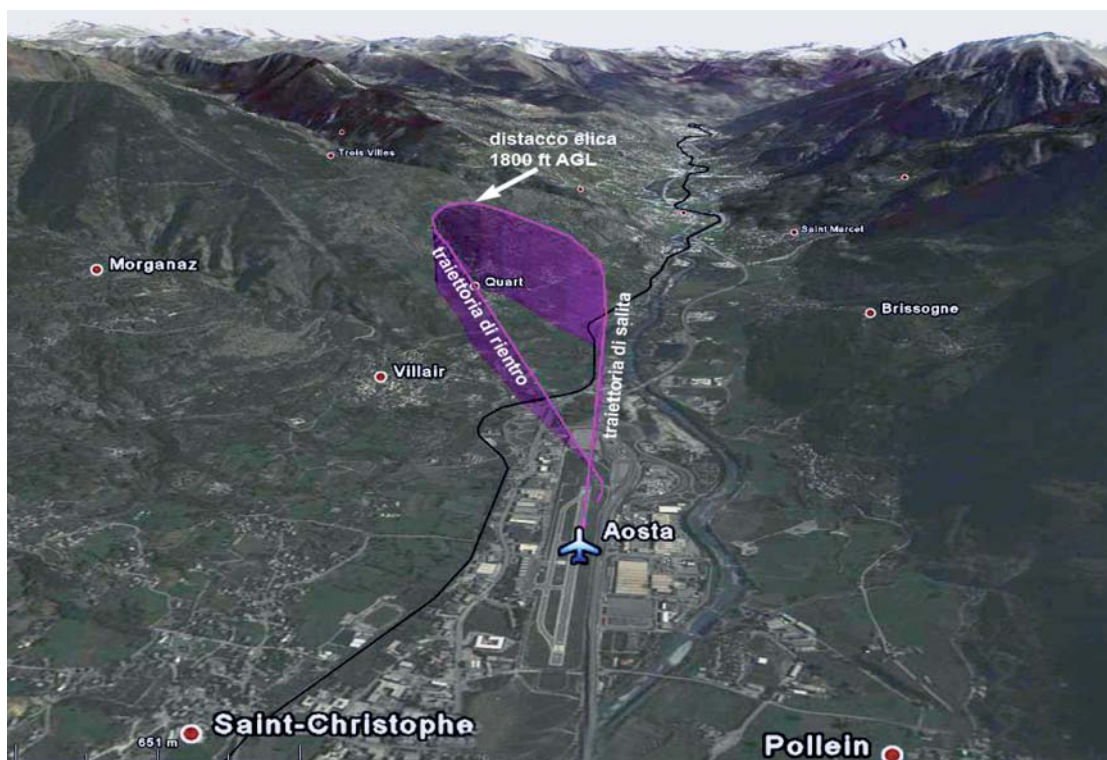
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Foto 1



Stinson L-5 I-AEEI con elica quadripala.

Foto 2



Ricostruzione traiettorie di volo.

Foto 3



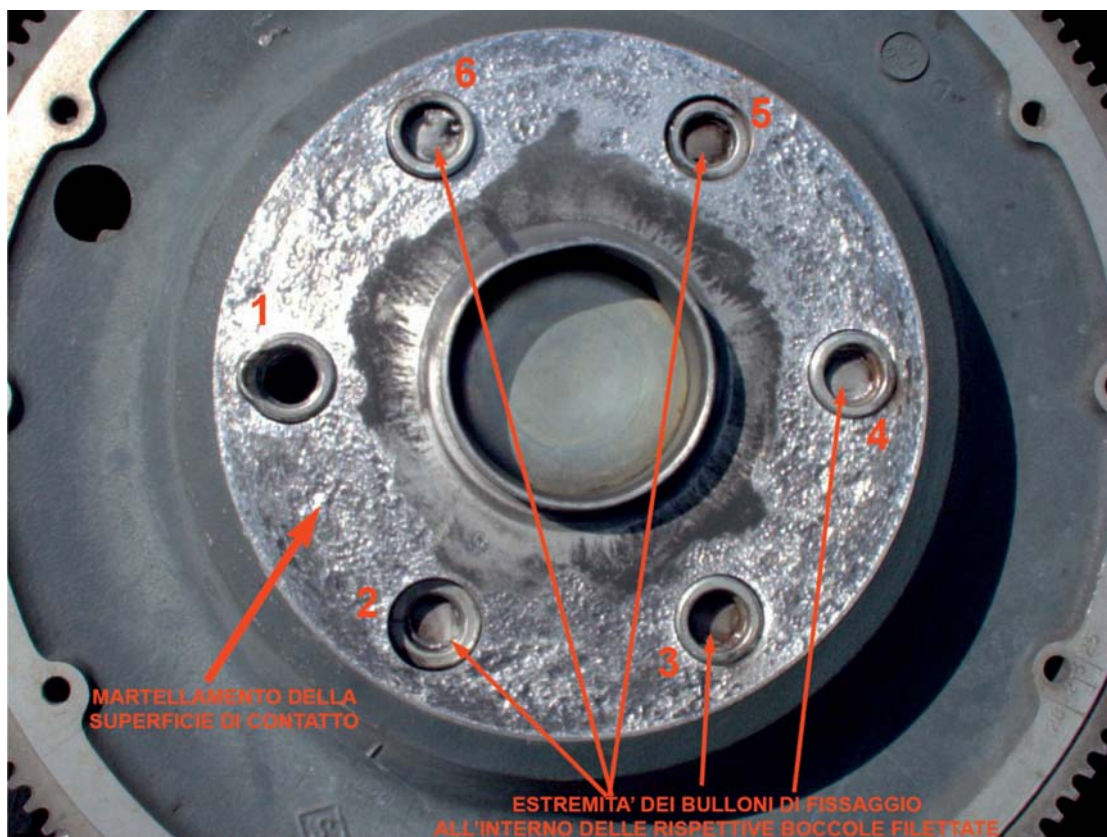
Elica con pala conficcata nel terreno e vista ogiva.

Foto 4



Elica estratta dal terreno e vista distanziale in alluminio.

Foto 5



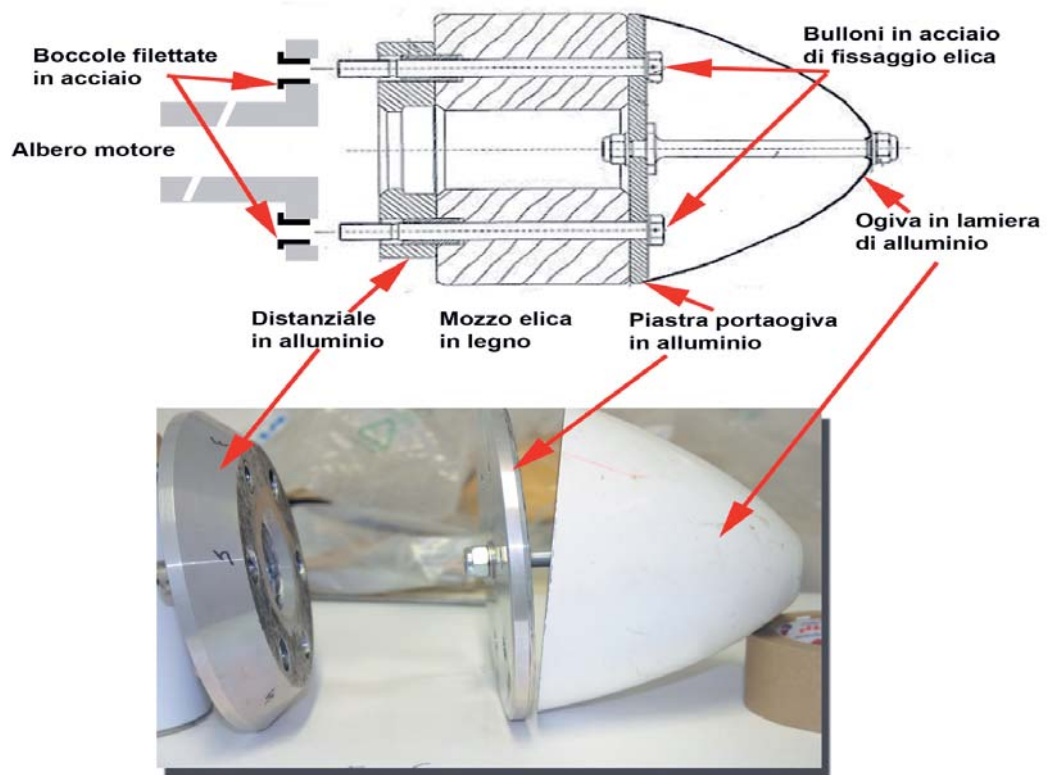
Flangia albero motore con boccole installate.

Foto 6



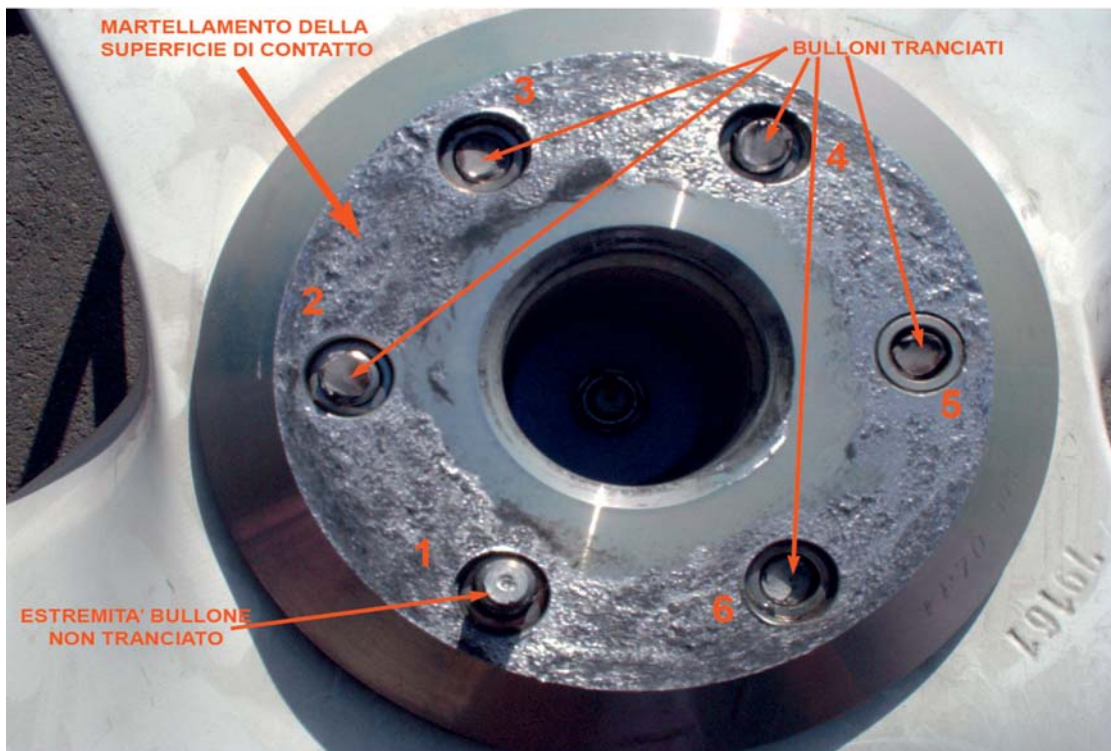
Boccole filettate rimosse dalla flangia albero motore.

Figura 1



Schema di assemblaggio elica-motore-ogiva.

Foto 7



Distanziale in alluminio su mozzo elica con bulloni in sede.

Foto 8



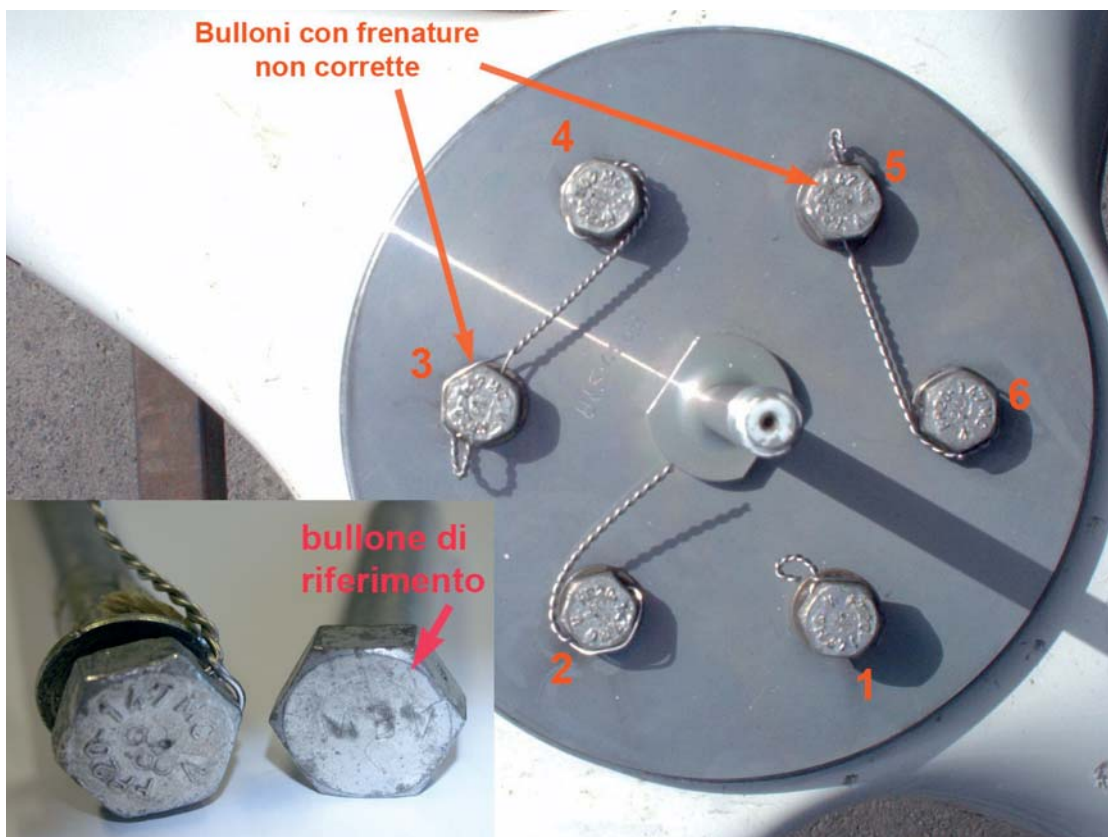
Mozzo elica-zona di contatto con il distanziale in alluminio.

Foto 9



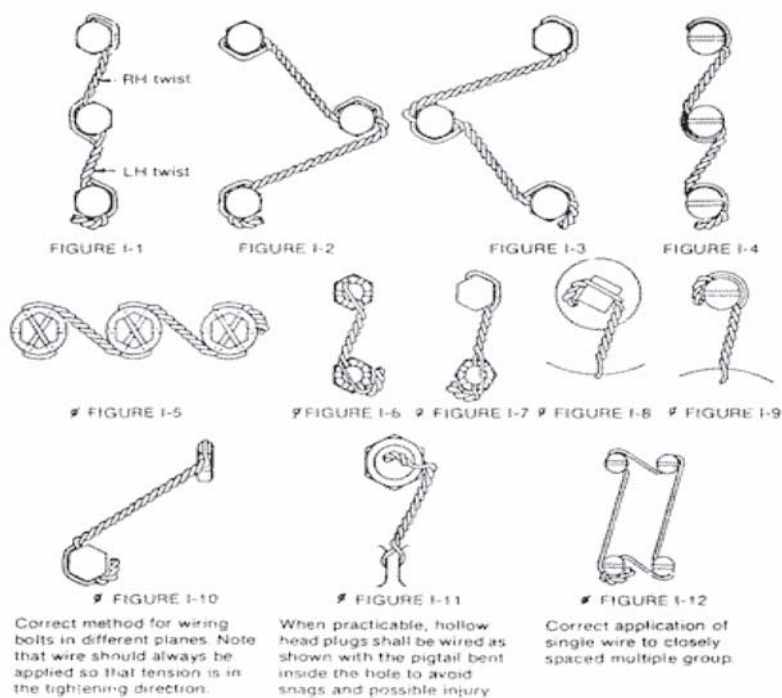
Piastra "portaogiva" con bulloni e frenature in sede dopo rimozione ogiva.

Foto 10



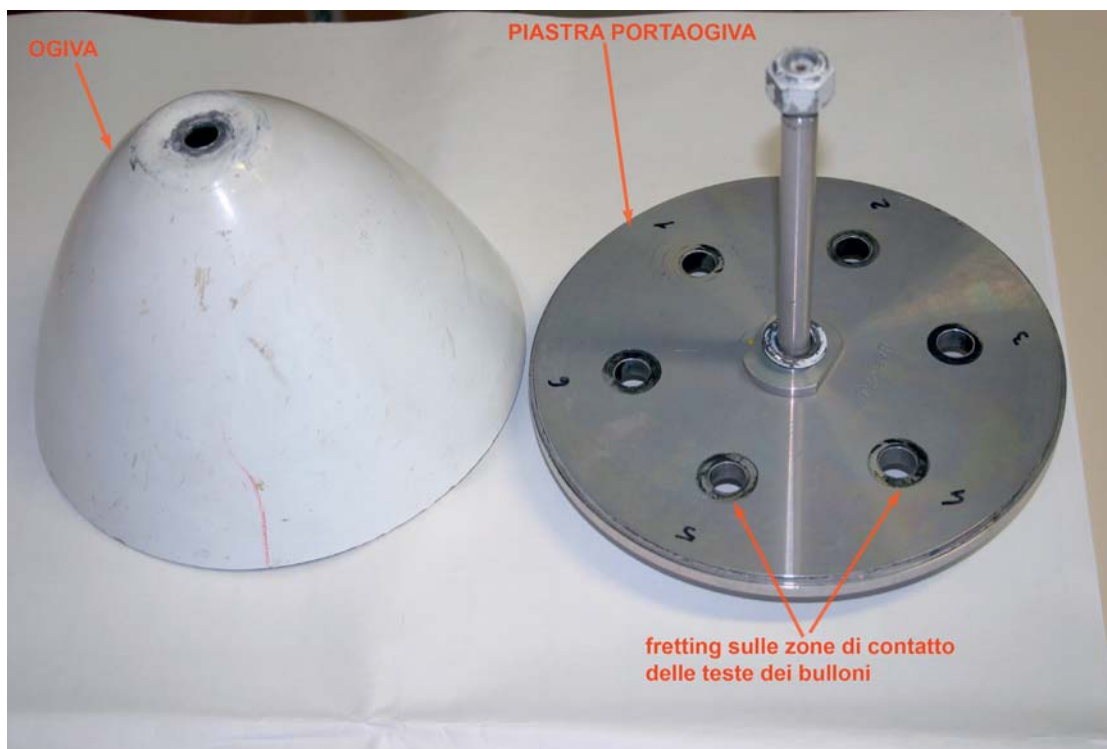
Bulloni di fissaggio elica e relative frenature.

Figura 2



Esempi di frenature effettuate con metodo corretto.

Foto 11



Zone di usura della piastra “portaogiva” con le rondelle sotto la testa dei bulloni.

Foto 12



Zona di contatto della piastra “portaogiva” sul mozzo elica.

Foto 13



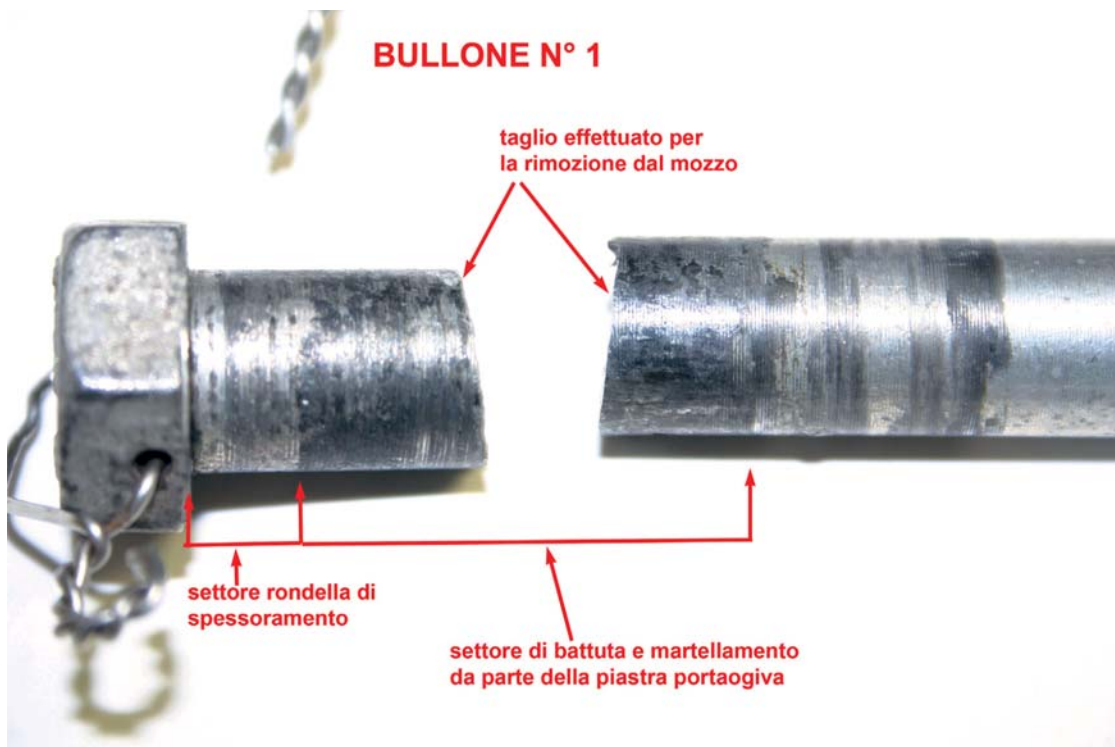
Bulloni di fissaggio elica e relative boccole di innesto.

Foto 14



Estremità filettate dei bulloni.

Foto 15



Settori di battuta piastra “portaogiva”.

Foto 16



Settori di battuta distanziale.

HOFFMANN PROPELLER GmbH & CO KG

Küpfelringstraße 9

83022 Rosenheim

Tel.: ++49-(0)8031-1878-0

Fax.: ++49-(0)8031-1878-78

HOFFMANN PROPELLER



HOFFMANN PROPELLER
Service Bulletin 61-11-03 E10A
REVISION A

28 July 1998

1.1 Effectivity

Insufficient torque on propeller mounting bolts **HOFFMANN Part No FP20-147** used on propellers **HO 27** () LBA Nr.32.110/1 and **HO4/27** () LBA Nr.32.110/11

1.2 Reason

Insufficient torque on the propeller mounting bolts. Suspicion of a propeller mounting bolt strength problem

Compliance

- A) Checking the torque of the propeller mounting bolts
- B) Exchange of propeller mounting bolts stock
- C) Exchange of the installed propeller mounting bolts

1.3 Description

The torque of the propeller mounting bolts is affected by operating loads and environmental conditions like humidity and temperature changes. Continuous check of the bolt torque according to owner's manual No. E0110.74 or Nr.0207.71 is **mandatory**.

1.4 Approval

The design data contained in this Service Bulletin has been APPROVED under the authority of LBA Design Organisation Approval No. I-EC 2.

1.5 Manpower

1.5 hrs

28 July 1998

SB 61-11-03 E10A

Page 1 of 5

HOFFMANN PROPELLER GmbH & CO KG
Küpfelringstraße 9
83022 Rosenheim
Tel.: ++49-(0)8031-1878-0
Fax.: ++49-(0)8031-1878-78

HOFFMANN PROPELLER



1.6 Material - cost and availability

Material as listed in section 3 of this Service Bulletin is available at HOFFMANN-PROPELLER GmbH & Co KG or any HOFFMANN approved repair station

1.7 Tooling

Standard plus calibrated torque wrench.

1.9 Electrical Load Data

Not affected.

1.10 Software Accomplishment Summary

Not affected

1.11 References

HOFFMANN Owner's Manual No. E0110.74
HOFFMANN Betriebs- und Wartungshandbuch Nr. 0207.71

1.12 Other Publications

None

1.13 Family Tree Chart of Modification Relationships

Not applicable.

1.14 Interchangeability or Intermixability of Parts

Not affected

28 July 1998

SB 61-11-03 E10A

Page 2 of 5

HOFFMANN PROPELLER GmbH & CO KG

Küpfelringstraße 9
 83022 Rosenheim
 Tel.: ++49-(0)8031-1878-0
 Fax.: ++49-(0)8031-1878-78

HOFFMANN PROPELLER



- 2.1 Remove spinner if installed
- 2.2 Remove Safety wire of propeller mounting bolts
- 2.3 Check the torque on the propeller mounting bolts. Min. torque must be 27 Nm, if o.k. proceed to 2.8
- 2.4 Remove propeller mounting bolts if one or more bolts fail to hold the min. torque
- 2.5 Remove propeller and spacer.
- 2.6 Check the mating surface of spacer and the starter gear for fretting. At any indication of fretting the propeller must be returned to HOFFMANN Rosenheim for further investigation.
- 2.7 If there are no indications of fretting reinstall the propeller and spacer using new Propeller mounting bolts Part No FP20-147 supplied by HOFFMANN Rosenheim. The marking is () () () V
- 2.8 After propeller installation torque the propeller mounting bolts crosswise to 33-35Nm (Refer to Hoffmann's Owner's Manual E0110.74 or 0207.71)
- 2.9 Wire lock the mounting bolts in pairs
- 2.10 Reinstall spinner if applicable.
- 2.11 Make an entry in aircraft log book

3

Warning

After the **FIRST FLIGHT** retorque the propeller mounting bolts and keep the torque according the instructions given in the Owner's Manual E0110.74 respectively 0207.71. This is **MANDATORY**

Material Information

Quantity	P/No.	Description	Marking old	Marking new
6	FP20-147	Bolt	() () ()	() () () V
6	AN960 816	Washer	---	---

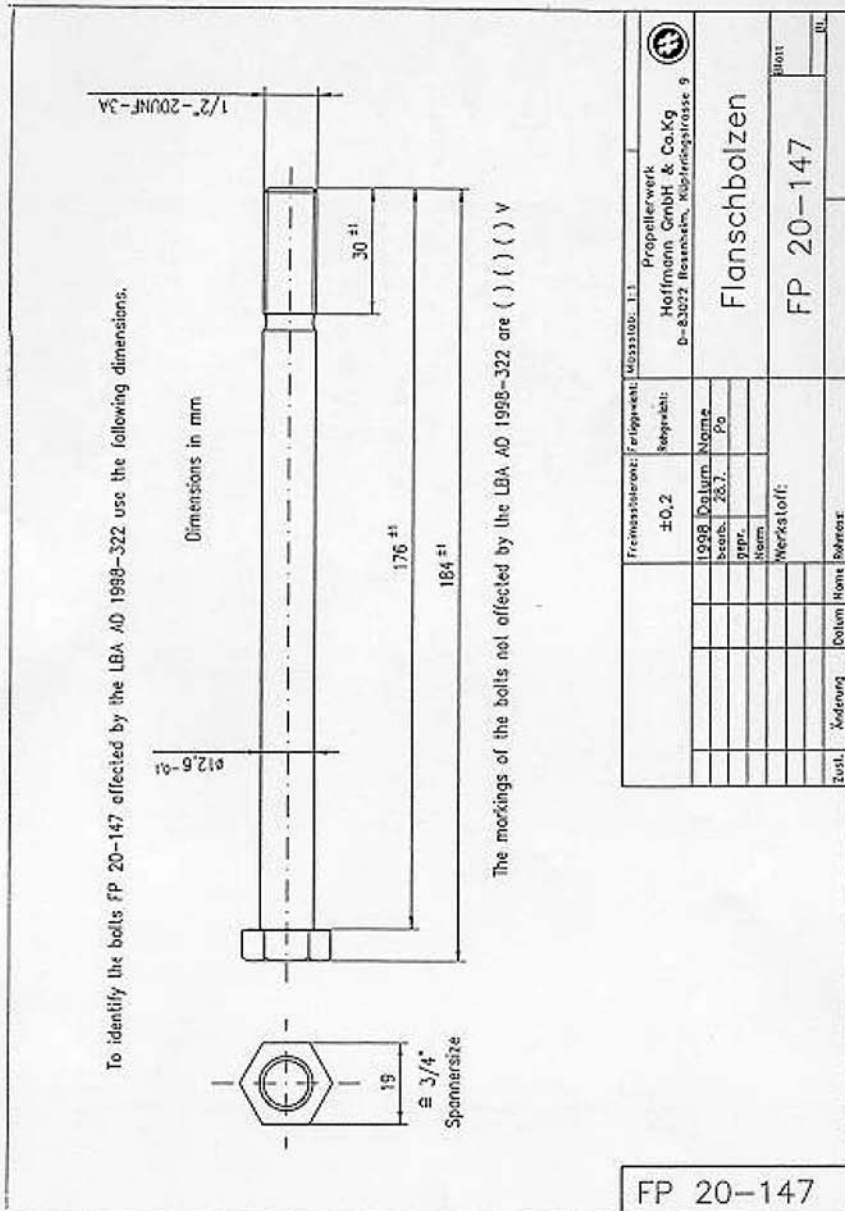
For bolt dimension and identification see encl. sketch
 The material is available at HOFFMANN Propellers GmbH & Co KG or any HOFFMANN approved repair station.

28 July 1998

SB 61-11-03 E10A

Page 4 of 5

HOFFMANN PROPELLER GmbH & CO KG
 K pferlingstra e 9
 83022 Rosenheim
 Tel.: ++49-(0)8031-1878-0
 Fax.: ++49-(0)8031-1878-78



Relazione n° 04/360

Oggetto: Bulloni di fissaggio elica – Aeromobile Stinson L5 marche I-AEEI.

1. Premessa

Sono pervenuti dall'Agenzia Nazionale per la Sicurezza del Volo n° 6 bulloni di fissaggio danneggiati, un bullone nuovo di riferimento e le flangie di collegamento anteriore ed intermedia relative all'elica in legno quadripala distaccatasi in volo dal velivolo in oggetto. Le analisi ed i controlli richiesti sono:

- esame delle zone con evidenze di fretting sulla flangia di collegamento intermedia;
- esame microfotografico delle zone di rottura dei n°5 bulloni tranciati;
- esame deformazioni del bullone di fissaggio non tranciato;
- analisi chimica ed esame microstrutturale per accertare la composizione e la natura della lega metallica dei bulloni rotti e confronto con quello nuovo;
- eventuali altre analisi o controlli utili per determinare le eventuali cause della rottura dei bulloni e produzione di fretting sulle flangie portaelica.

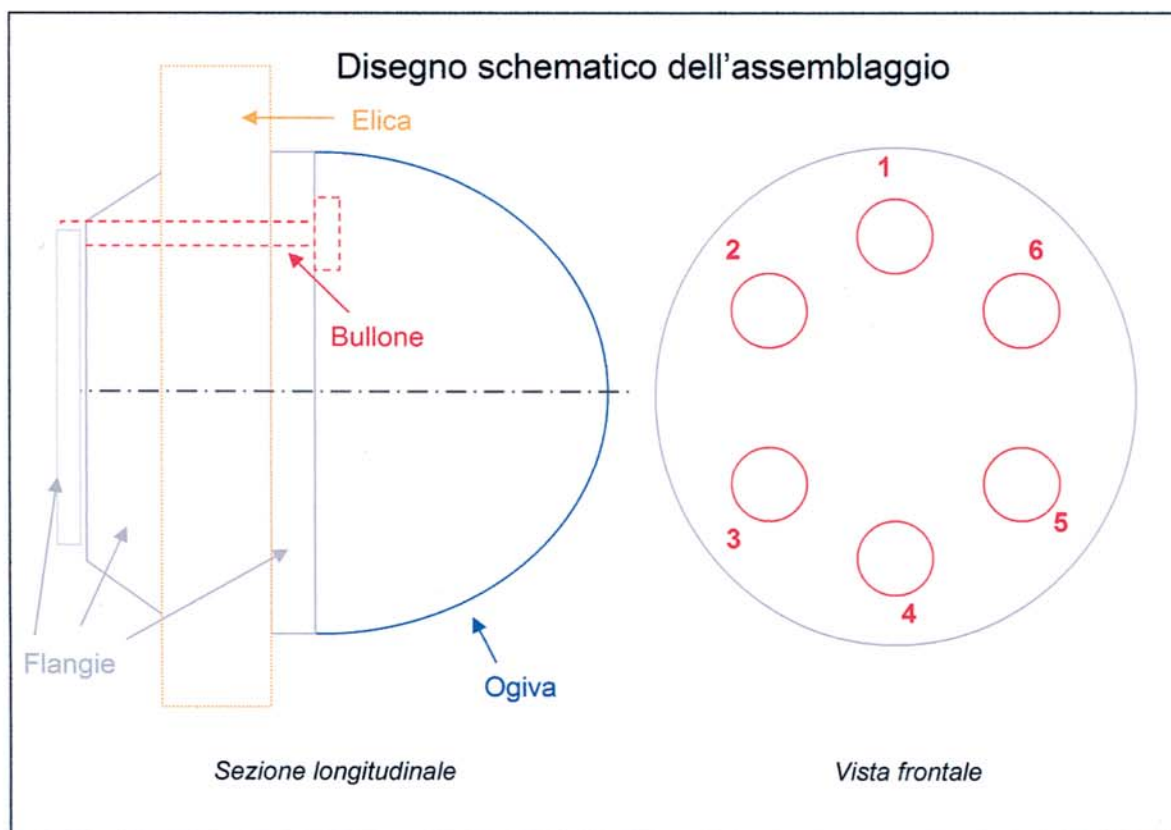


Figura 1

2. Esami morfologici

Dei 6 bulloni danneggiati pervenuti, il n.1 si presenta intero, mentre i bulloni n.2-6 sono tutti tranciati prevalentemente all'altezza della stessa sezione: in particolare i bulloni n.3 e 6 sono tranciati in corrispondenza del 10° filetto, frecce rosse in Figura 2, mentre i rimanenti in corrispondenza del 14°, frecce gialle in Figura 2.

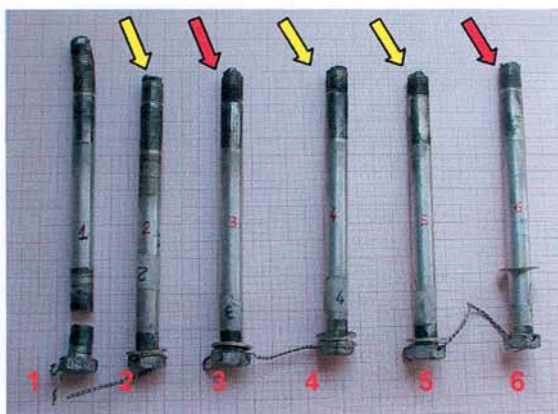


Figura 2



Figura 3 - Bullone di riferimento

2.1 Bullone n.1

Il bullone n.1 si presenta deformato plasticamente con schiacciamenti della filettatura particolarmente marcati in corrispondenza della punta e dalla 10^{ma} alla 14^{ma} gola, frecce gialla e rossa in Figura 4.

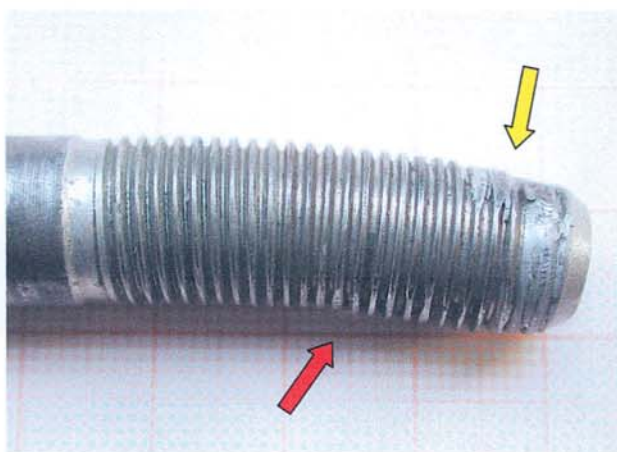


Figura 4

L'entità dei danneggiamenti osservati sul particolare è imputabile ad una sollecitazione di elevata intensità imputabile con ogni probabilità ai forti carichi agenti al momento del distacco dell'elica.

2.2 Bulloni n.2-6

Tutte le superfici di rottura presentano la medesima morfologia, Figure 5-9. Su ognuna di queste, infatti, si riscontra la presenza di due zone dal seguente aspetto:

- zona A, liscia ed a grana fine, riscontrabile in due zone diametralmente opposte;
- zona B, a grana grossolana, estesa nella fascia centrale della sezione.

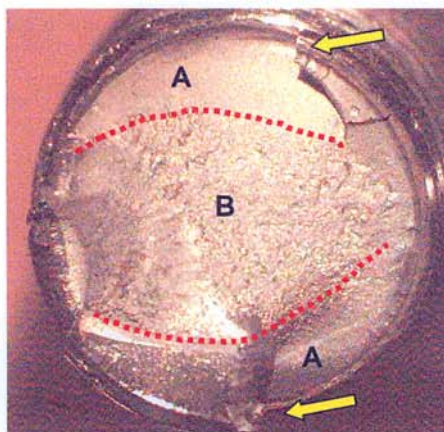


Figura 5 - Bullone n.2

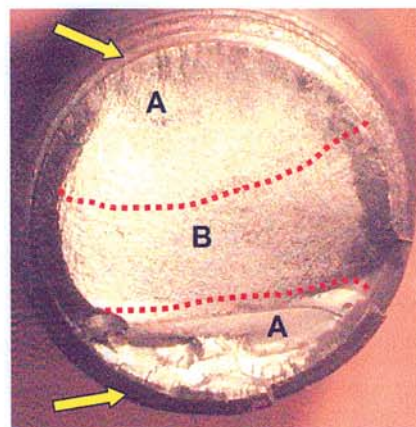


Figura 6 - Bullone n.3

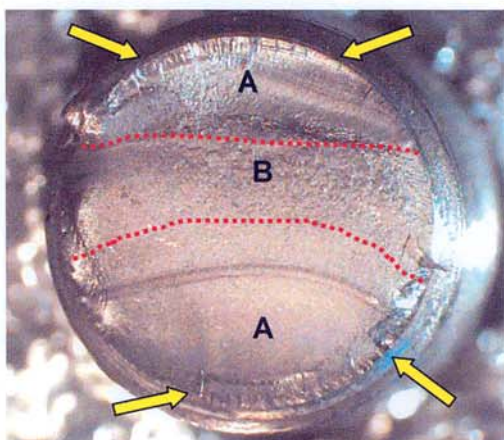


Figura 7 - Bullone n.4

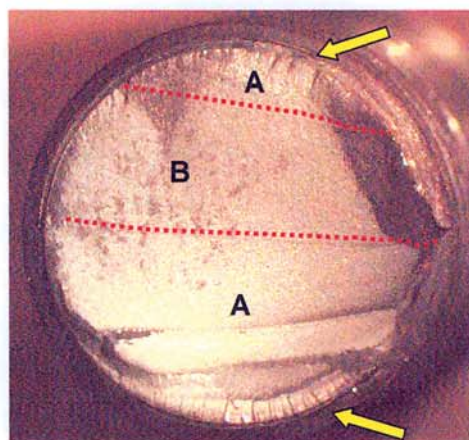


Figura 8 - Bullone n.5

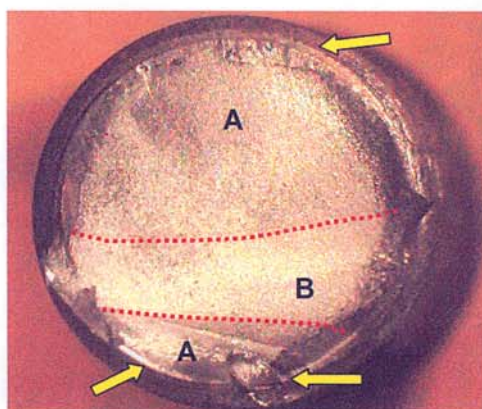


Figura 9 - Bullone n.6

Nelle due zone a morfologia A, lungo i bordi della superficie esterna, sono osservabili numerosi denti di sega (freccie gialle) che corrispondono ad inneschi multipli di crinature di fatica, come desumibile dalle linee di arresto che si diramano da tali punti.

Quella a morfologia B, invece, rappresenta la zona rottasi per sovraccarico; tale porzione ha un'estensione pari a circa il 30% della superficie di rottura nei bulloni n.3, 4, 5 e 6 ed a circa il 50% nel bullone n.2; la maggiore estensione del sovraccarico riscontrata nel bullone n.2 lascia ipotizzare che quest'ultimo sia stato cronologicamente l'ultimo a rompersi.

Nel suo complesso, la morfologia osservata ha l'aspetto tipico di una rottura propagatasi con un meccanismo di fatica a flessione alternata imputabile ad un'eccessiva vibrazione subita dai particolari.

2.3 Flangia di collegamento intermedia

I fori di alloggiamento dei bulloni n.1, 2, 4 e 5 si presentano deformati plasticamente lungo una direzione tangente alla circonferenza della flangia, concordemente al senso di rotazione dell'elica, Figure 10 e 11. Inoltre, sulla superficie interna di questi fori, si osserva un deposito di materiale della stessa composizione della flangia, tratteggio giallo in Figura 11. Sulla superficie interna delle boccole inserite nei fori si rileva la presenza di evidenti segni dovuti all'impatto del bullone, particolarmente marcati nelle direzioni delle deformazioni plastiche sopradescritte, freccia in Figura 12.

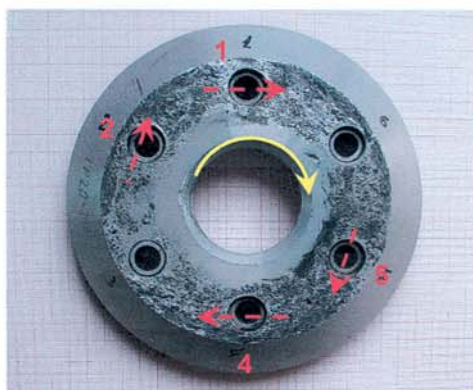


Figura 10

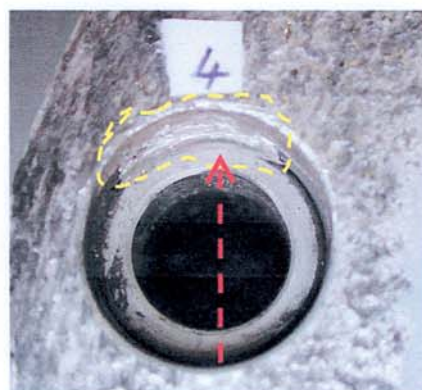


Figura 11



Figura 12

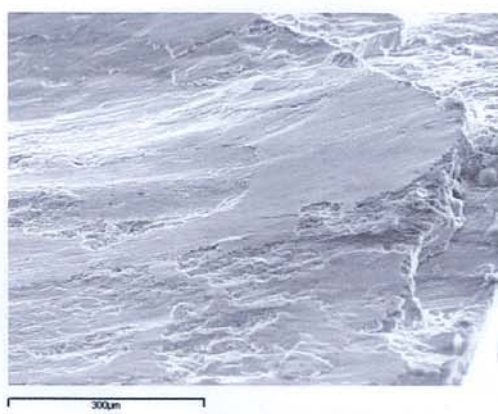


Figura 13

 Centro Sperimentale Volo – Reparto Chimico – Gruppo Materiali Strutturali

Sulla superficie di contatto della flangia si rileva la presenza di ribordature, Figura 13, contenenti tracce di materiale avente la stessa composizione della flangia di collegamento posteriore. Tale materiale risulta essere maggiormente concentrato in corrispondenza della parte di flangia interessata dai bulloni n. 3, 4, 5 e 6.

I danneggiamenti osservati su questo particolare sono coerenti con un meccanismo di frizione sviluppatosi tra le flangie di collegamento intermedia e posteriore e di impatto tra la flangia intermedia e i dadi.

3. Esami metallografici

Al fine di determinare le caratteristiche strutturali dei particolari in oggetto sono stati effettuati gli esami di seguito riportati.

3.1 Analisi chimica

3.1.1 Bulloni n.1-6

Fe	C	Ni	Cr	Mo	Mn	Si	Cu
base	0.30	2.01	2.07	0.39	0.40	0.21	0.21

Tale composizione corrisponde a quella di un acciaio del tipo inglese BS823M30.

3.1.1 Bullone nuovo

Fe	C	Ni	Cr	Mo	Mn	Si	Co
base	0.31	3.46	1.42	0.47	0.45	0.27	0.12

Tale composizione corrisponde a quella di un acciaio del tipo inglese BS976M33.

3.2 Misure di durezza

3.2.1 Bulloni n.1-6

La misura di durezza è stata effettuata secondo il metodo microVickers con un carico di 100 g, ottenendo un valore medio di 349 ± 2 HV.

3.2.2 Bullone nuovo

La misura di durezza è stata effettuata secondo il metodo microVickers con un carico di 100 g, ottenendo un valore medio di 388 ± 2 HV.

3.3 Esame microstrutturale

3.3.1 Bulloni n.1-6

L'esame effettuato evidenzia una struttura costituita da martensite rinvenuta, Figura 14, e non rileva processi meccanici di pallinatura e/o rullatura effettuati sul particolare, Figura 15.



Figura 14



Figura 15

3.3.2 Bullone nuovo

L'esame effettuato evidenzia una struttura costituita da martensite rinvenuta, Figura 16, e non rileva processi meccanici di pallinatura e/o rullatura effettuati sul particolare, Figura 17.



Figura 16



Figura 17

Dalle osservazioni effettuate non è emersa la presenza di difetti metallografici. Il bullone nuovo fornitoci come riferimento, tuttavia, è costituito da un materiale diverso da quello dei particolari oggetto d'indagine, pur presentando il medesimo trattamento termico.

4. Stima della vita a fatica e considerazioni

Dall'analisi effettuata (Allegato A), risulta che nelle condizioni di progetto la vita a fatica del bullone è infinita ($> 10^8$ cicli).

Le flangie, in virtù della compressione accumulata in fase di serraggio, scaricano i bulloni producendo un effetto benefico sull'assemblaggio: la presenza delle flangie, infatti, riduce la sollecitazione agente sui bulloni ad una piccola aliquota della spinta propulsiva dell'elica (indipendentemente dal valore del serraggio, ma in funzione della rigidità elastica dell'assemblaggio).

In particolare, nel caso specifico, è stato stimato, mediante un'analisi agli elementi finiti, che tale valore è pari a circa il 14% della spinta totale.

Tale relazione, tuttavia, presenta una discontinuità: la validità di tale valore, infatti, termina nel momento in cui la spinta propulsiva dell'elica eguaglia il carico di compressione accumulato dalla flangia posteriore in fase di serraggio; oltre tale valore, infatti, avviene il distacco dell'elica dalla flangia, annullandone il contributo favorevole, innalzando, quindi, l'aliquota della sollecitazione agente sui bulloni.

Un eventuale eccesso di coppia di serraggio, inoltre, pur provocando un incremento del pretensionamento agente sul bullone, aumenterebbe la compressione iniziale ed innalzerebbe conseguentemente il limite superiore entro il quale la flangia scarica la sollecitazione del bullone. In questo caso, quindi, il dominio di validità dell'effetto benefico della flangia sarebbe più ampio.

Nei termini sopra esposti, un eccesso di serraggio, in teoria anche prossimo allo snervamento, induce un effetto positivo in termini di vita a fatica.

5. Conclusioni

Dagli esami effettuati risulta che la morfologia delle rotture dei 5 bulloni tranciati è quella tipica di una propagazione della crinatura avvenuta con un meccanismo di fatica a flessione alternata.

Il superamento della vita a fatica dei bulloni potrebbe essere stato causato da una serie di sollecitazioni non previste provocate da un serraggio dei bulloni inferiore a quello nominale.

Il Relatore

Il Capo Gruppo

Il Capo Reparto

Allegato A

Oggetto: Stima vita a fatica bulloni di fissaggio elica – Aeromobile Stinson L5
marche I-AEEI.

1. Scopo

Determinare la vita a fatica del particolare in oggetto.

2. Analisi

La configurazione del sistema è rappresentata in Figura 1.

Nel disegno è rappresentato solo uno dei 6 bulloni facenti parte dell'assemblaggio.

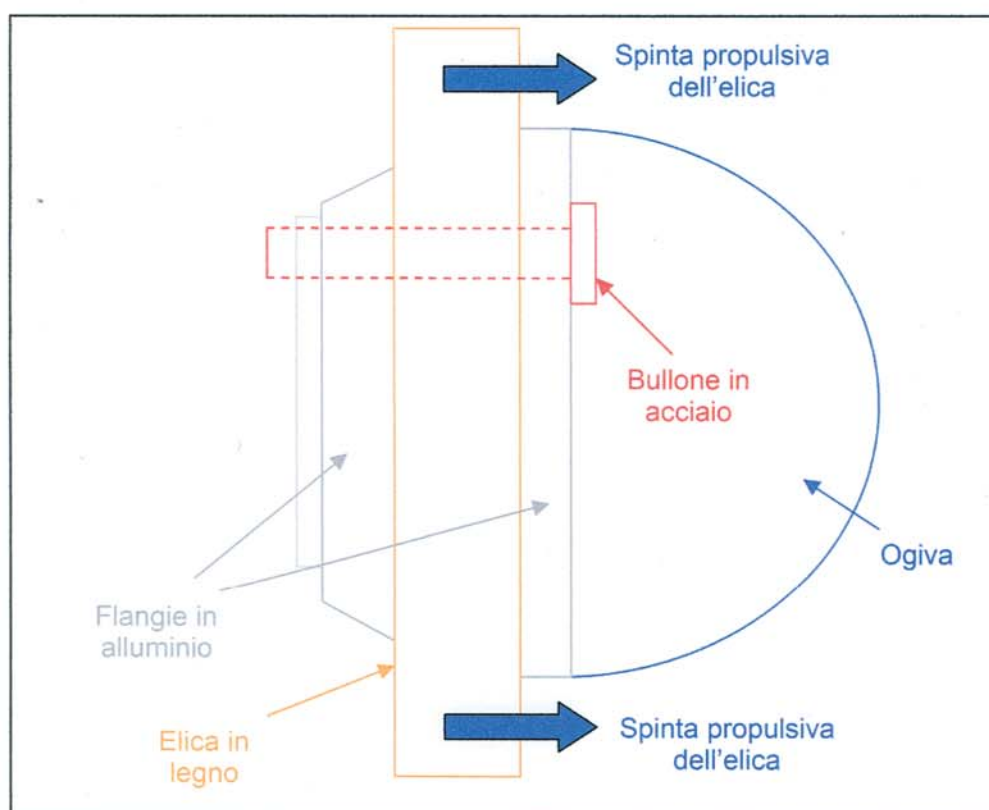


Figura 1

Tale configurazione è schematizzabile mediante il sistema di molle rappresentato in Figura 2. La rigidità di ogni molla rappresenta la rigidità elastica dei particolari facenti parte dell'assemblaggio.

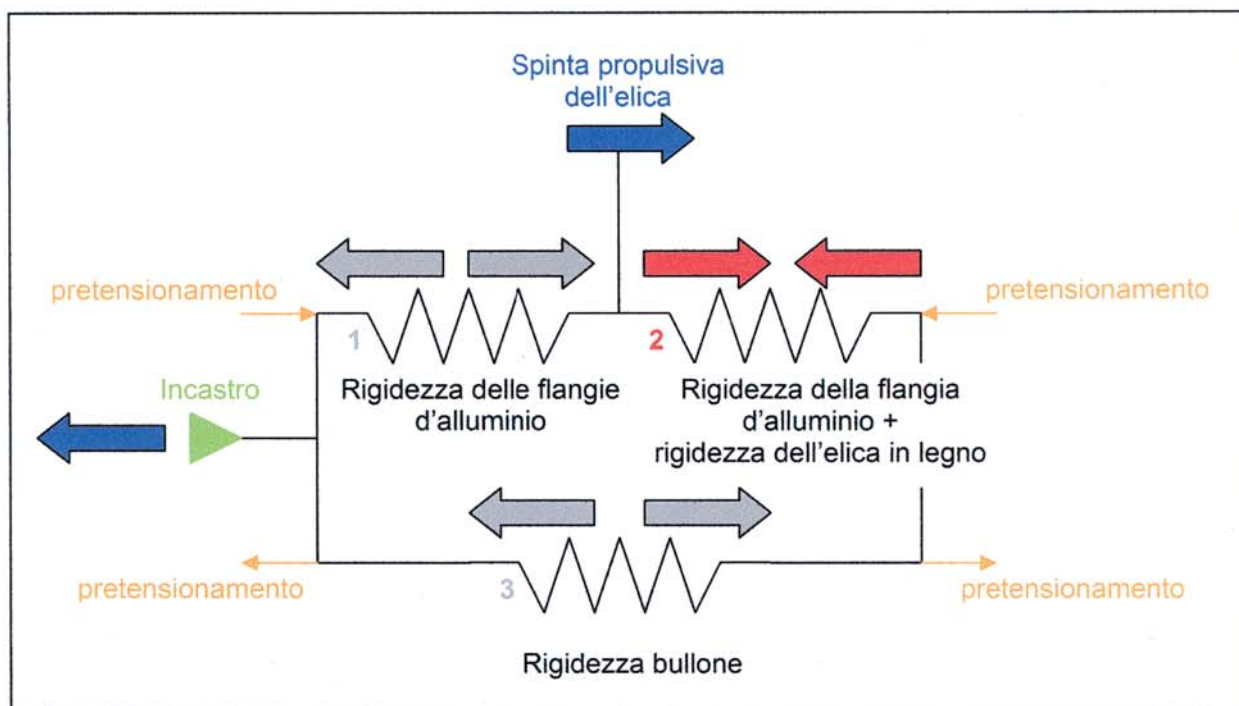


Figura 2

L'equilibrio delle forze rappresentato in Figura 2 permarrà fino a quando l'elica in legno non si sarà staccata dalla flangia d'alluminio di rigidezza 1, ovvero, fintantoché la sollecitazione di trazione agente sul tale flangia non avrà eguagliato il carico di compressione accumulato in fase di pretensionamento.

Lo stato tensionale di tale sistema è stato simulato mediante un'analisi agli elementi finiti MES (Mechanical Event Simulation - ALGOR), allo scopo di determinare l'entità dell'aliquota della forza esterna (spinta propulsiva) agente sul bullone.

La coppia di serraggio nominale C del bullone è pari a 35 N m (310 lb in).
Essendo:

$$C = C_{at} + C_{af} + C_u$$

dove:

C_{at} : coppia d'attrito sottotesta-bullone = $(\mu_t F_0 D_m)/2$;

C_{af} : coppia d'attrito nei filetti = $(\mu_f F_0 d_z)/\cos\beta$;

C_u : coppia utile trasformata in forza di trazione sul bullone = $F_0 p/2\pi$;

con:

μ_t : coefficiente d'attrito sottotesta (0,12);

μ_f : coefficiente d'attrito tra i filetti (0,12);

F_0 : forza di serraggio;

D_m : diametro medio sottotesta (0,01891 m);

β : semiangolo della filettatura (30° UNI/ISO);

p : passo della filettatura (0,0008 m);

D : diametro nominale della filettatura (0,01252 m);

d_z : diametro medio dei filetti = $D - 0,65p$ (0,012 m);

Centro Sperimentale Volo – Reparto Chimico – Gruppo Materiali Strutturali

si ricava che $F_0 = 12000 \text{ N}$ (x 6 bulloni = 72000 N), cui corrisponde un pretensionamento pari a circa 97.5 MPa (sezione bullone = $1,227 \times 10^{-4} \text{ m}^2$). In base alla potenza del velivolo ed alla sua velocità massima è stato possibile stimare un valore della spinta propulsiva massima dell'elica pari a circa 2600 N, ovvero, 430 N a bullone, corrispondente ad uno sforzo di circa 3.5 MPa.

Dall'analisi agli elementi finiti risulta che, per la configurazione in Figura 2, la spinta propulsiva dell'elica provoca un ΔS sul bullone pari a circa 0.5 MPa, anziché 3.5 MPa, dando una $S_{\max} = 98 \text{ MPa}$, Figura 3: in virtù del pretensionamento dovuto al serraggio, quindi, l'aliquota della sollecitazione esterna agente sui bulloni è pari a circa il 14% di quella totale (indipendentemente dal valore del pretensionamento e dalla forza propulsiva, ma in funzione delle rigidzze elastiche dei particolari dell'assemblaggio).

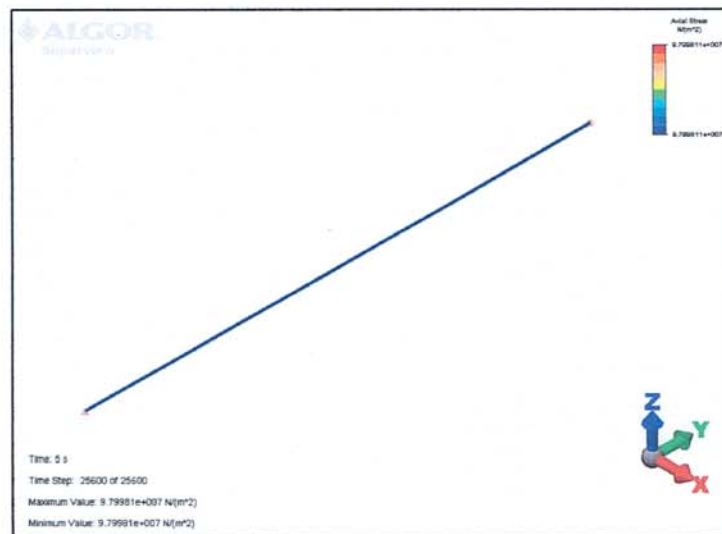


Figura 3

Su ogni bullone, quindi, si avrà:

- $S_{\max} = 98 \text{ MPa}$;
- $\Delta S = 0.5 \text{ MPa}$;
- $S_{\text{mean}} = 97.75 \text{ MPa}$ ($\Delta S/2$).

Noti i parametri del materiale (ASM Handbook Vol.19):

UTS = 910 MPa	$n' = 0,085$
TYS = 700 MPa	$\sigma_f' = 1087 \text{ MPa}$
$E = 206 \text{ GPa}$	$\epsilon_f' = 1,312$
$k' = 972 \text{ MPa}$	$c = -0,705$
$b = -0,07$	

è stato possibile stimare la vita a fatica del pezzo (K_t filettatura pari a 2), tramite il metodo di Neuber (approccio ϵ -N), nelle due condizioni.

Dall'analisi effettuata risulta che per la coppia di serraggio nominale la vita a fatica del bullone è infinita ($> 10^8$ cicli).

Il Relatore