

Effetti di chiusura sulla propagazione di cricche per fatica

[*]M.Cavallini, F.Iacoviello,[\$]A.Querales

[*]Dip.Ingegneria industriale - Università di Cassino

[\$]Universidad Central - Caracas (Venezuela)

SOMMARIO

La necessità di disporre di modelli affidabili di previsione di avanzamento della cricca di fatica comporta una migliore conoscenza dei fenomeni a scala macro e microscopica coinvolti nel processo. I dati relativi a prove condotte ad ampiezza di carico costante vengono utilizzati per affrontare problemi con spettri di carico variabili. I meccanismi di chiusura che si presentano al variare del rapporto di carico R permettono di affrontare i problemi connessi con gli effetti di ritardo da sovraccarico. Alcuni modelli reperibili in letteratura vengono applicati e discussi con riferimento ad una lega Al Li 2091.

INTRODUZIONE

La disponibilità di modelli affidabili per la previsione della propagazione delle cricche per fatica è imprescindibile per la progettazione assistita da computer di strutture, particolarmente in campo aeronautico. I modelli disponibili si basano generalmente su dati provenienti da prove condotte con spettri semplici, a frequenza ed ampiezza di carico costante, cricche non corte e ambiente "di laboratorio" e devono essere applicabili a situazioni reali molto diverse. Si dispone di modelli sia fenomenologici (analitici o agli elementi finiti) che semi-empirici, derivati dalla legge di Paris; la affidabilità di tali modelli diminuisce man mano che ci si discosta dalle condizioni nelle quali sono state condotte le esperienze.

I diagrammi di $\log da/dN$ in funzione di $\log \Delta K$ si presentano come un insieme di curve ad andamento sigmoidale spostate verso sinistra e verso l'alto al crescere del rapporto di carico R . Le

curve presentano asintoti verticali per i valori di ΔK pari a ΔK_{th} e $(1-R) K_c$.

Un primo intervento sui dati sperimentali, nell'ottica di una migliore comprensione del fenomeno e della estensione delle condizioni di validità del modello, è quello di correggere l'ascissa ΔK tenendo conto dell'effetto di chiusura. Come noto i lembi della cricca, durante la fase di diminuzione del carico, interferiscono, tra l'altro, per presenza di ossidi o di prodotti di sfregamento o per la mancata ricombinazione delle due superfici in presenza di rugosità accentuata. La cricca non si richiude quanto dovrebbe in corrispondenza del carico minimo ed è come se rimanesse applicato un carico minimo effettivo maggiore di quello nominale; il ΔK effettivo (ΔK_{eff}) è quindi minore di quello nominale, mentre cresce il valore di R effettivo. La deviazione decresce all'aumentare di R .

Elber^[1] e Schijve^[2] tra gli altri hanno proposto, per una corretta interpretazione dei risultati sperimentali, modelli del tipo:

$$\Delta K_{eff} = U \Delta K = (a + b R + c R^2 + \dots) \Delta K \quad 1)$$

nei quali la correzione è valida finché $U \leq 1$. Al crescere di R cresce il valore di U , quindi diminuisce l'effetto di chiusura.

Se la differenza tra le curve sperimentali fosse dovuta solo ad effetti di chiusura, ci dovremmo aspettare per le prove ottenute al variare di R per uno stesso materiale, nelle stesse condizioni operative e corrette con il ΔK_{eff} , una sovrapposizione dalla soglia fino alla seconda regione di propagazione, con differenze solo nella terza regione dove le curve tendono all'asintoto in corrispondenza di $K_{max} = K_c$.

MATERIALE E PROVE

Le leghe Al Li, sviluppate negli ultimi anni nell'aspettativa di un materiale di tecnologie tradizionali ma con migliorate prestazioni per rigidità e densità, si sono rivelate un interessante laboratorio per lo studio dei fenomeni di propagazione della cricca. Tali leghe, infatti, sono utilizzate allo stato non ricristallizzato e risultano particolarmente anisotrope. I laminati presentano scarsa tenacità sul corto a fronte di elevate resistenze alla propagazione della cricca, sia statica che a fatica, se il piano di frattura non corrisponde a quello di lavorazione^[3-5]. La cricca in tal caso ha andamento tortuoso con evidenti effetti di chiusura legati tanto alla rugosità quanto ai prodotti di sfregamento. Le velocità di propagazione della cricca di fatica dipendono molto dal rapporto di carico R , soprattutto ai bassi valori di ΔK e nel campo della soglia.

Le prove effettuate su una lega 2091^[6], riportate in fig.1a, mostrano andamenti diversi sia per le curve che per la morfologia della frattura al variare di R; le macrografie di fig.2 evidenziano l'intervento di meccanismi diversi nella propagazione della cricca. Nella zona centrale della parte fratturata per fatica compare un'area scura (ossidi ed idrossidi di Li), particolarmente evidente nel provino LT che ha lavorato a $R = 0.17$; la relativa curva differisce da quelle ad R maggiore per la presenza di un tratto quasi orizzontale nel quale la velocità di avanzamento è costante ed indipendente dal ΔK_{eff} applicato. In fig.1b sono riportati analoghi diagrammi di ΔK_{eff} calcolati con la formula di Elber: le curve appaiono più raggruppate, come ci si doveva attendere, ma rimangono ancora separati i dati delle prove a $R = 0.67$ e 0.17 . Nel primo caso si può ritenere che il rapporto di carico sia così elevato da non necessitare di correzioni di ΔK_{eff} , nel secondo interviene invece un diverso effetto di chiusura, legato allo sfregamento, che rallenta la velocità di propagazione della cricca più di quanto il modello di Elber possa prevedere. Omettendo la correzione per la prova $R = 0.67$ ($U = 1$), come riportato in fig.1c, rimane in evidenza la sola curva a 0.17 che si riferisce ad un effetto sinergico di rugosità e di sfregamento non contemplato nel modello.

CONCLUSIONI

I modelli reperibili in letteratura sull'effetto di chiusura che introducono il ΔK_{eff} devono essere adattati ai vari materiali per tener conto di:

- valore di R oltre il quale non si applica la correzione
- effetti sinergici come, nel presente caso, lo sfregamento delle superfici di frattura

BIBLIOGRAFIA

- 1]W.Elber - ASTM STP 486 (1971) 230
- 2]J.Schijve - NRL Report MP 195 (1960)
- 3]K.T.Vekanteswara Rao, W.Yu, R.O.Ritchie - Metall.Trans. A 19 (1988) 549
- 4]M.Cavallini,F.Felli,M.Marchetti - Aerotecnica, missili e spazio, 3 (1987) 1.
- 5]M.Cavallini - La meccanica italiana, 238 (1990) 30.
- 6]F.Iacoviello - Tesi di laurea in ingegneria nucleare Università di Roma " La Sapienza " luglio 1989.

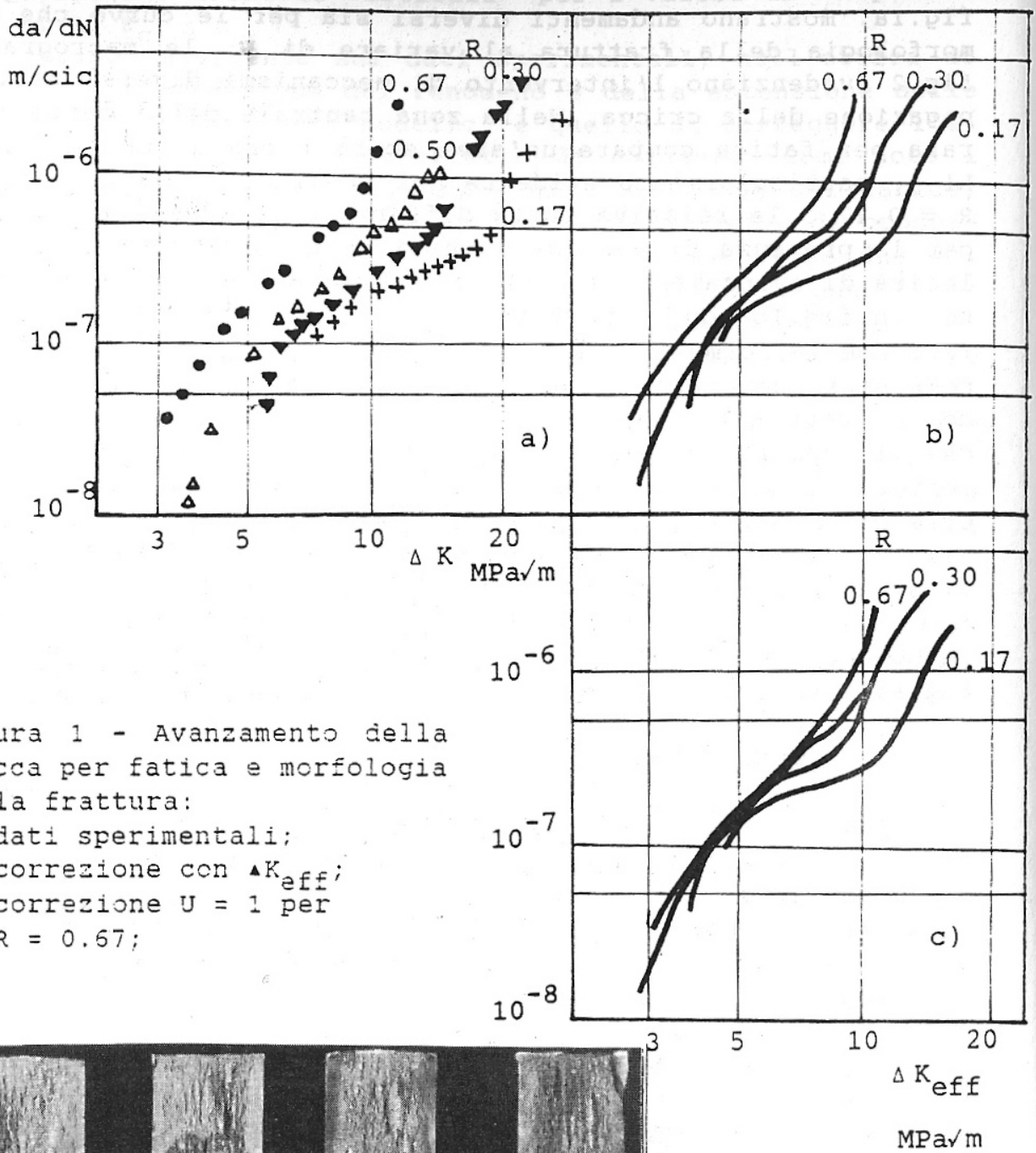


Figura 1 - Avanzamento della cricca per fatica e morfologia della frattura:

- a) dati sperimentali;
- b) correzione con ΔK_{eff} ;
- c) correzione $U = 1$ per $R = 0.67$;

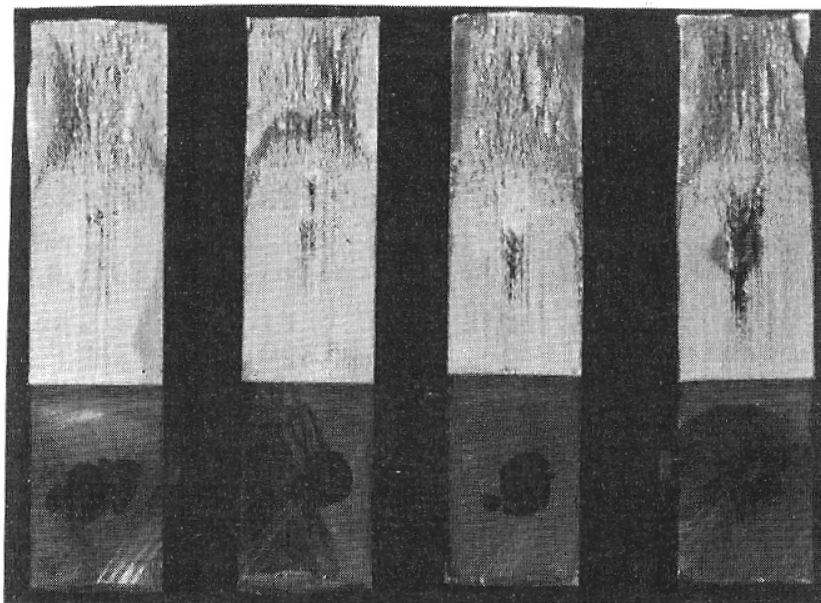


Figura 2 - Morfologia della frattura per fatica ai vari R.