

EFFETTO DELLA FREQUENZA SULLA RESISTENZA A FATICA DI COMPOSITI POLIPROPILENE/FIBRA DI VETRO

A. Pegoretti, L. Purrello, T. Riccò

*Dipartimento di Ingegneria dei Materiali, Università di Trento
Via Mesiano 77 -38050 Trento*

SOMMARIO: Nel presente lavoro si é studiato il comportamento a fatica di compositi, costituiti da polipropilene additivato con fibre di vetro corte in diversa percentuale, seguendo l'approccio della meccanica della frattura. Per ciascun materiale, sono stati ottenuti dati sperimentali di accrescimento della cricca in funzione del numero di cicli e di FCP (Fatigue Crack Propagation) a diverse frequenze tra 0.1 e 10 Hz, per fissate condizioni di carico. I risultati hanno messo in evidenza un forte effetto della frequenza per tutti i materiali esaminati. In particolare, si é riscontrato che la propagazione della cricca in un ciclo, a parità di lunghezza della cricca stessa, diminuisce drasticamente al crescere della frequenza. L'analisi dei dati ha consentito di evidenziare che l'avanzamento della cricca nelle condizioni sopra indicate é da attribuirsi essenzialmente a un processo di creep viscoelastico, secondo il quale la velocità di crescita della cricca nel tempo é dello stesso ordine di grandezza per tutte le frequenze esaminate e si differenzia per i diversi contenuti di fibre di vetro. Tuttavia, alle frequenze più elevate si riscontra un aumento della temperatura all'apice della cricca causata da fenomeni isteretici, la quale provoca un aumento della velocità di crescita della cricca (creep non isoterma).

PAROLE CHIAVE: Compositi, Fatica, Polimeri

INTRODUZIONE

Negli anni recenti si é assistito ad un progressivo impiego dei materiali polimerici e dei compositi a matrice polimerica nella realizzazione di componenti meccanici e strutturali in diversi settori industriali, quali ad esempio il settore automobilistico e dei trasporti. Infatti, in virtù delle caratteristiche positive che essi sono in grado di offrire, quali leggerezza, elevata resilienza, ottima resistenza a corrosione e facile processabilità, stanno sostituendosi in molte applicazioni strutturali e per adeguati intervalli di temperatura a materiali più tradizionali. Si rende pertanto necessario lo studio approfondito di tali materiali in rapporto alle diverse condizioni di esercizio in cui essi possono venire ad operare. In particolare, é di grande importanza l'analisi del loro comportamento a carichi fatiganti a causa della natura particolarmente insidiosa di tale tipo di sollecitazione. L'approccio allo studio della fatica per i materiali a base polimerica, sebbene presenti caratteristiche analoghe a quelle per i materiali metallici, é assai complesso a causa della loro natura viscoelastica che si esplica nella dipendenza temporale delle risposte alle sollecitazioni meccaniche, anche a basse temperature.

Nel presente lavoro si é studiato il comportamento a fatica di compositi costituiti da polipropilene additivato con fibre di vetro corte. L'attenzione é stata focalizzata sull'effetto della frequenza del carico applicato, che un precedente lavoro (Federizzi et al., 1994, 1995) aveva indicato essere un parametro determinante per il comportamento a fatica di tali materiali.

SPERIMENTAZIONE

I materiali studiati, prodotti dalla società Montell Polyolefins (Centro Ricerche G. Natta, Ferrara) consistono in polipropilene additivato con fibre di vetro corte in tre diverse percentuali (10, 20, 30 per cento in peso), e sono stati forniti sotto forma di lastrine di dimensioni 127×127×2.5 mm ottenute per stampaggio ad iniezione. Da queste sono stati ottenuti provini SENT come mostrato in Fig. 1.

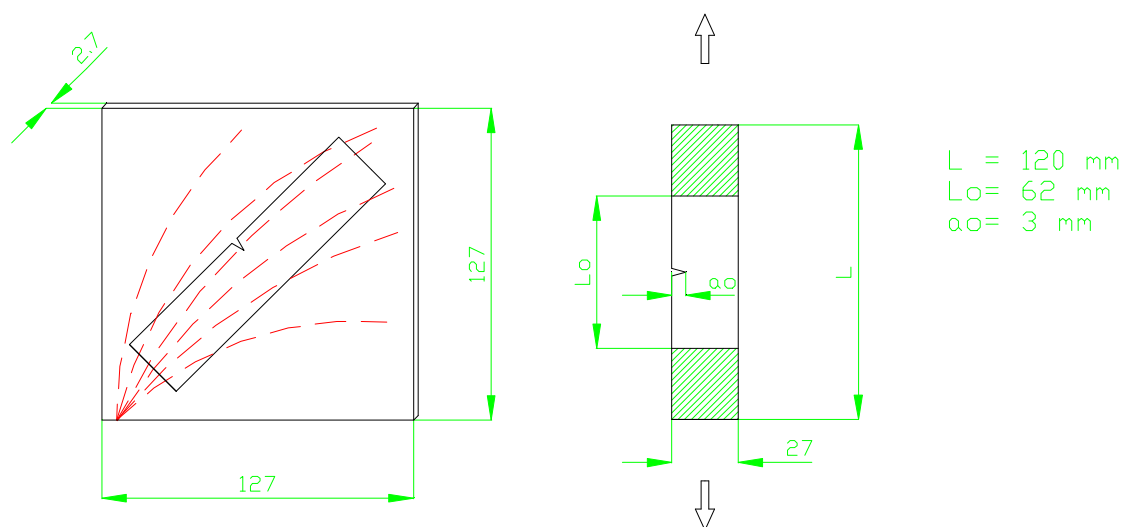


Figura 1

Le prove di fatica sono state condotte in controllo di carico, con valori del carico medio nominale $\sigma_m = 18,8$ MPa e del coefficiente di asimmetria $R=0.4$, tramite una macchina MTS. L'utilizzo di un sistema di videoregistrazione durante le prove ha consentito la determinazione delle curve di accrescimento della cricca in funzione del numero di cicli, $a(N)$. In alcune prove, inoltre, è stata rilevata la temperatura all'apice della cricca tramite una videocamera a raggi infrarossi.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Per ciascun materiale studiato, l'effetto della frequenza risulta in un drastico aumento del numero di cicli a frattura al crescere della frequenza del carico applicato, come mostrato dalle curve $a(N)$, ottenute alle tre diverse frequenze 0.1, 1, e 10 Hz, riportate in Fig. 2a, b, e c, rispettivamente per i tre materiali contenenti il 10, 20, e 30 per cento di fibra di vetro.

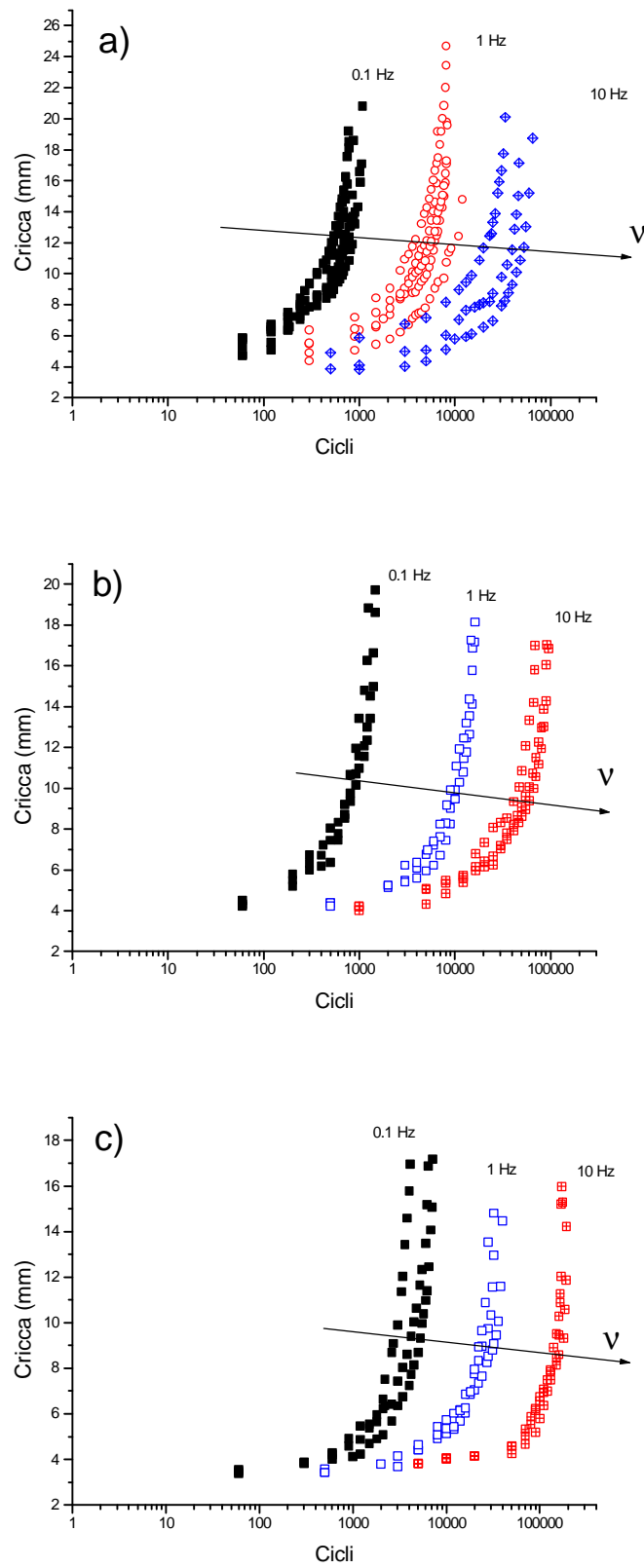


Figura 2 a), b), c)

Tale forte dipendenza dalla frequenza é visibile anche nei dati di FCP (Fatigue Crack Propagation), come si può osservare dai risultati riportati esemplificatamente in Fig. 3 per il composito al 20 per cento di fibra di vetro.

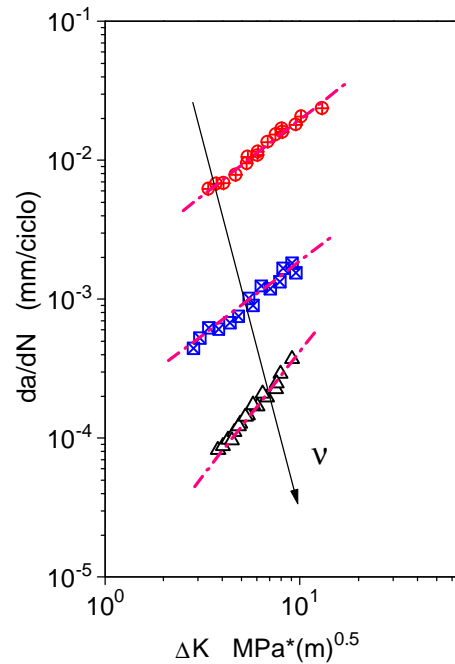


Figura 3

Secondo un modello proposto recentemente (Wyzgosky et al., 1990), la crescita della cricca in un ciclo é determinata sia da un contributo del puro processo di fatica che da un contributo dovuto al processo di creep viscoelastico all'apice della cricca:

$$\frac{da}{dN} = \left(\frac{da}{dN} \right)_{\text{FATICA}} + \left(\frac{da}{dN} \right)_{\text{CREEP}} \quad (1)$$

Tale equazione può essere riscritta nel modo seguente:

$$\frac{da}{dN} = \left(\frac{da}{dN} \right)_{\text{FATICA}} + \left(\frac{da}{dt} \right) \left(\frac{dt}{dN} \right) \quad (2)$$

dove il termine al secondo membro é costituito dal prodotto della velocità di crescita della cricca per l'inverso della frequenza ($dt/dN=1/v$). I risultati di FCP ottenuti sono stati quindi analizzati sulla base di questo modello. I dati sperimentali di da/dN , considerati a bassi valori di ΔK al fine di minimizzare gli effetti isteretici, sono diagrammati in funzione dell'inverso della frequenza in Fig. 4. I risultati mettono in luce che l'effetto del creep é soverchiante rispetto a quello della fatica: in ciascun materiale la cricca avanza sostanzialmente per solo creep con una velocità che rimane costante al variare della frequenza. La velocità di crescita della cricca appare invece dipendente dal contenuto di fibre di vetro nel composito. Sulla base di tali risultati, i dati di crescita della cricca, riconsiderati in funzione del tempo, invece che in funzione del numero di cicli,

indicano infatti che per ciascun materiale i tempi di frattura sono dello stesso ordine per tutte le frequenze esaminate. Tuttavia, si riscontra un tempo di frattura sistematicamente decrescente al crescere della frequenza secondo un fattore che va indicativamente da tre a quattro volte passando da 0.1 a 10 Hz.

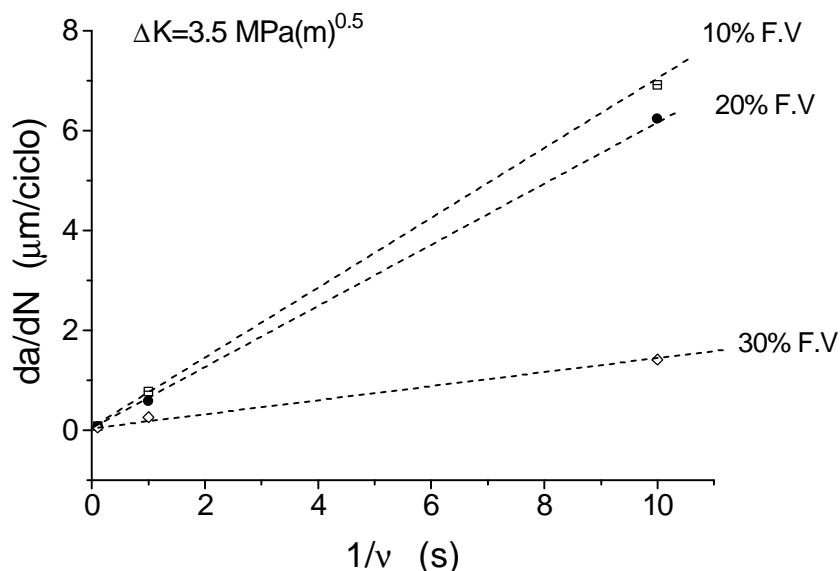


Figura 4

La valutazione della componente isteretica nei cicli di fatica, consente la valutazione della potenza dissipata durante le prove. All'interno di ciascuna prova, questa mostra per tutto il tratto di crescita stabile della cricca un comportamento stazionario, il cui livello dipende dalla frequenza e dal materiale, come si può osservare in Fig. 5. La presenza dei fenomeni isteretici osservati, ha suggerito l'opportunità dell'esecuzione di un'analisi termografica all'apice della cricca durante la sua propagazione. Per il composito contenente il 10 per cento di fibre di vetro, la variazione di temperatura ΔT all'apice della cricca rispetto alla temperatura ambiente, determinata in un nuovo ciclo di prove, viene riportata in Fig. 6 in funzione del tempo per le diverse frequenze 0.1, 1, e 10 Hz. Si trova che la temperatura cresce con lo stesso andamento per le diverse frequenze, mostrando un apprezzabile differenza nell'entità complessiva del fenomeno solo per la frequenza più elevata. Per gli altri materiali si ottengono comportamenti simili, anche se meno marcati dato il minor contenuto di matrice polimerica. I risultati ottenuti pongono comunque in rilievo che la propagazione della cricca avviene in maniera non isoterma e che la diversa evoluzione termica relativa alla frequenza più elevata provoca un aumento della velocità di crescita della cricca per creep.

RINGRAZIAMENTI

Questo lavoro è stato svolto con il contributo del Consiglio Nazionale delle Ricerche (Roma) ed il supporto di Montell Polyolefins (Centro di Ricerche G. Natta, Ferrara).

BIBLIOGRAFIA

- Fedrizzi, F., Martinatti, F. e Riccò, T., 1994, Atti IGF10 (Torino 8-10 Giugno), p. 113
Fedrizzi, F., Martinatti, F. e Riccò, T., 1995, Proc. 3rd Int. Conference on Deformation and Fracture of Composites (Guilford (U.k), 27-29 March), p. 209
Wyzgosky, M. G. , Novak, G. E. and Simon, D. L., 1990, J. Mat. Sci **25**, p. 4501

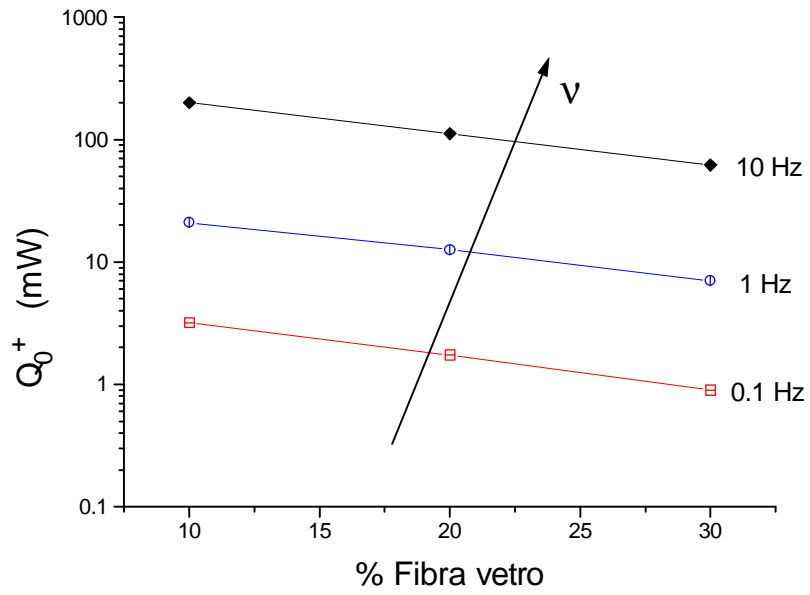


Figura 5

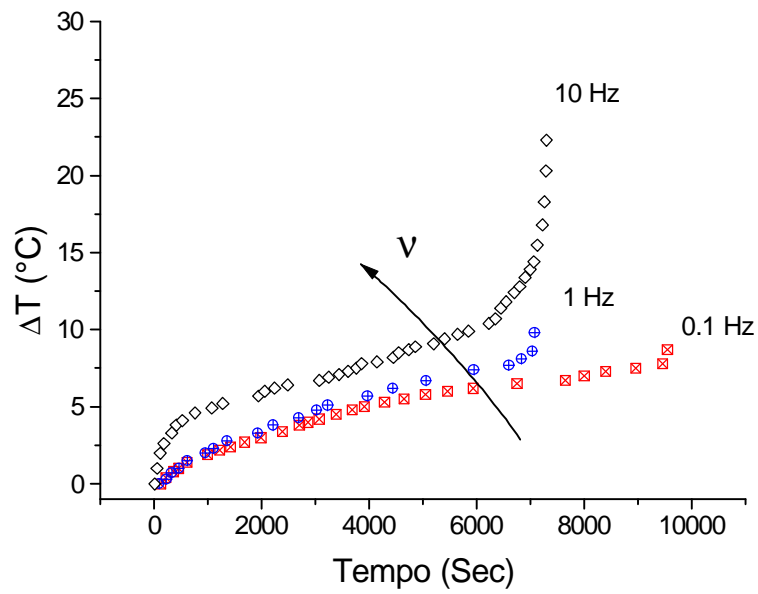


Figura 6