

CARATTERIZZAZIONE ALLA PROPAGAZIONE DI CRICCHE DI UN MATERIALE
GIÀ PROVATO A FATICA

A. De Iorio* - G. Florio** - G. Malaspina*

- * Istituto di Costruzione di Macchine, Facoltà di Ingegneria, Napoli
** Istituto Sperimentale delle Ferrovie dello Stato, Roma

Sommario

Utilizzando un materiale già provato a fatica, sono state effettuate prove di propagazione di cricche con campioni appositamente disegnati al fine di individuare un parametro legato al comportamento a fatica del materiale e sensibile alle differenze strutturali del materiale dei singoli campioni.

I primi risultati ottenuti, condensati in diagrammi, sembrano indicare che detto parametro possa essere addirittura scelto tra due o tre aventi le stesse prerogative.

Introduzione

L'interpretazione dei risultati delle prove di fatica presenta, notoriamente, non poche difficoltà, per l'ampio "scatter" che li caratterizza. Tale dispersione, come si sa, oltre a dipendere da fattori esterni, quali ad es. l'ambiente, il sistema e le condizioni di prova, è funzione di molti altri legati al campione, dei quali i principali sono la struttura su scala microscopica e submicroscopica del materiale e la finitura superficiale o, in generale, la geometria del campione stesso; fattori o parametri che variano da un campione all'altro in modo casuale, per la natura non deterministica dei reali processi di fabbricazione e di lavorazione dei materiali.

Un controllo di tali parametri potrebbe consentire una migliore "lettura" dello scatter e, quindi, una migliore previsione della resistenza a fatica. Naturalmente, non è possibile controllarli contemporaneamente tutti, né è agevole controllarli rigorosamente uno alla volta, per l'impossibilità, data la loro natura statistica, di mantenere tutti gli altri perfettamente costanti durante le prove.

Tuttavia, se si facesse variare in modo apparentemente deterministico un parametro e si controllassero gli altri in modo da contenere i loro valori entro limiti molto ristretti, oppure si analizzasse la dispersione dei risultati insieme a quella dei più importanti parametri del fenomeno, a parità delle condizioni di prova, si potrebbero trarre delle utili indicazioni riguardanti l'influenza che può avere un parametro o l'interazione di più parametri sul tipo e ampiezza della dispersione dei risultati.

Col presente lavoro, abbiamo seguito questa seconda strada, mantenendo i valori di tutti i parametri controllabili entro forcelle molto ristrette e controllando, per ogni campione, un parametro legato alla propagazione delle cricche, per stabilire una correlazione fra tale parametro e la durata della prova di fatica precedentemente effettuata sullo stesso campione. Se la velocità di propagazione è prevalentemente funzione delle caratteristiche meccaniche e tecnologiche del materiale, a parità delle condizioni di prova e di ambiente, si potrebbe, infatti, con detta correlazione individuare l'influenza della struttura del materiale sulla resistenza a fatica.

A tal fine, sono state determinate, a monte e con rigore, le caratteristiche di resistenza statica del materiale e quelle di fabbricazione dei campioni, mentre, dopo le prove di fatica eseguite con la massima cura mediante una macchina gestita da computer, si è valutata la velocità di propagazione della cricca con campioni ricavati da quelli rotti a fatica.

Il parametro di propagazione così controllato risulta direttamente legato al materiale dei campioni affaticati, nella misura in cui si è riusciti a mantenere invariati i parametri geometrici, di lavorazione e di prova di tutte le provette utilizzate per la sua valutazione.

I risultati dell'indagine potrebbero servire anche a stabilire una qualche correlazione tra i dati di propagazione e quelli di durezza del materiale, che darebbe la possibilità di utilizzare quest'ultimo semplice parametro in modo insospettatamente vantaggioso nella previsione della durata a fatica di componenti strutturali provenienti dallo stesso lotto di materiale.

Metodologia di prova

Al fine di valutare l'anzidetto parametro di propagazione, sono state utilizzate le due parti residue di ogni provetta, rotta a fatica, del lotto preparato per un'altra indagine [1;2] tuttora in corso di svolgimento. Da tali pezzi sono state ricavate, mediante lavorazioni di fresatura e di foratura, le provette necessarie allo scopo, la cui geometria, rappresentata nella fig.1, è stata definita in funzione della geometria e del materiale dei campioni di partenza, del sistema di prova e relative attrezzature disponibili, nonché della necessità di rendere il più agevole possibile il calcolo per via numerica del fattore di intensità delle tensioni, K_I , alla cui variazione in un ciclo di carico, come si sa, viene solitamente legata, con formulazioni analitiche, la velocità di propagazione della cricca.

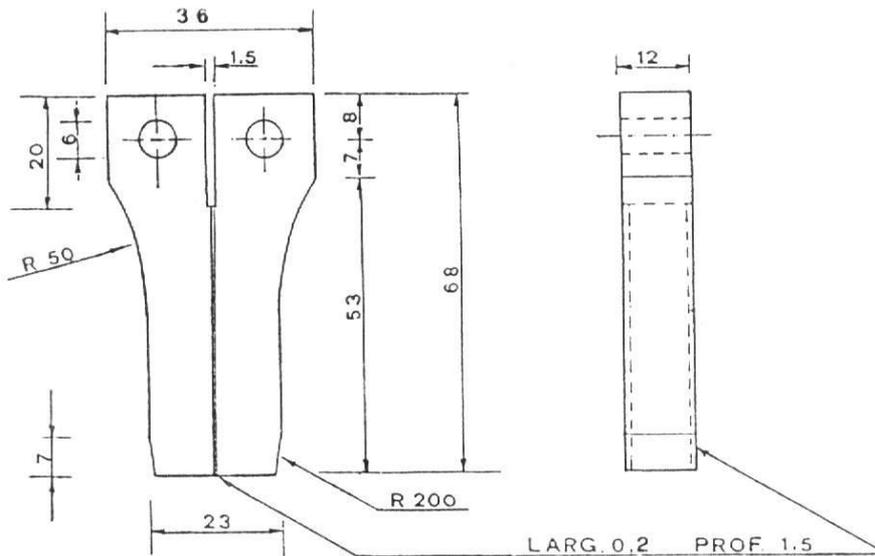


Fig.1 - Geometria delle provette.

Gli intagli laterali sono stati introdotti sia per "guidare" la cricca, sia per indurre nel materiale la "costrizione plastica" necessaria per rendere apparentemente fragile il comportamento dello stesso materiale che altrimenti, per il modesto spessore assegnabile alle provette, sarebbe sicuramente duttile.

Su una delle due superficie piane laterali è stato incollato un "crack gauge" i cui fili, distanti due millimetri l'uno dall'altro, coprivano tutto il tratto utile per la propagazione della cricca.

Durante le prove, la rottura dei fili è stata evidenziata con un registratore collegato all'estensimetro. Daltra parte, mediante un sistema di prova dotato di microprocessore con stampante, man mano che la cricca si propagava, è stato registrato il numero di cicli a intervalli regolari di tempo e sono state controllate le condizioni di prova, con interventi da parte dell'operatore solo nell'ultima fase della prova, quando la cedevolezza della provetta attingeva valori troppo elevati per l'autocontrollo della macchina.

Una volta interpretato il diagramma a gradino fornito dal registratore e associato a ciascun gradino il numero di cicli corrispondente, è stato possibile, tenendo presente la posizione dei fili sulla provetta, correlare la lunghezza della cricca al numero di cicli. Si sono, così, ottenute le curve di propagazione caratterizzate da almeno un parametro geometrico che può essere assunto come parametro di propagazione della cricca del materiale preso in considerazione.

Risultati e relativa analisi

Per saggiare la fattibilità dell'esteso programma di prove previsto per una completa indagine sull'argomento, si è messo a punto e realizzato un programma ridotto che contempla prove di propagazione sui campioni

Tab.1 - Dati relativi al pretrattamento a fatica dei campioni in acciaio 30NiCrMoV12 utilizzati.

Provetta	Durezza HB	Carico MPa	Freq. Hz	Cicli di pre affaticamento
3A6F-I	285	±610	1	9600
3A6F-II	"	"	"	"
2C3E-I	285	±610	1	25810
2C3E-II	"	"	"	"
3A3B-I	321	±610	1	107000
3A3B-II	"	"	"	"
3A2C-I	311	±610	1	129000
3A2C-II	"	"	"	"

in acciaio 30NiCrMoV12 indicati nella Tab. 1. In questa tabella, accanto alla sigla del campione, è stata riportata la durezza del materiale, rilevata prima delle prove di fatica, e le durate di queste ultime.

Dopo alcune prove preliminari eseguite per stabilire le condizioni di carico ottimali per le provette impiegate e le modalità di rilevamento della velocità di propagazione, sono state effettuate le prove programmate che hanno dato i risultati riportati nelle figg. 2-5.

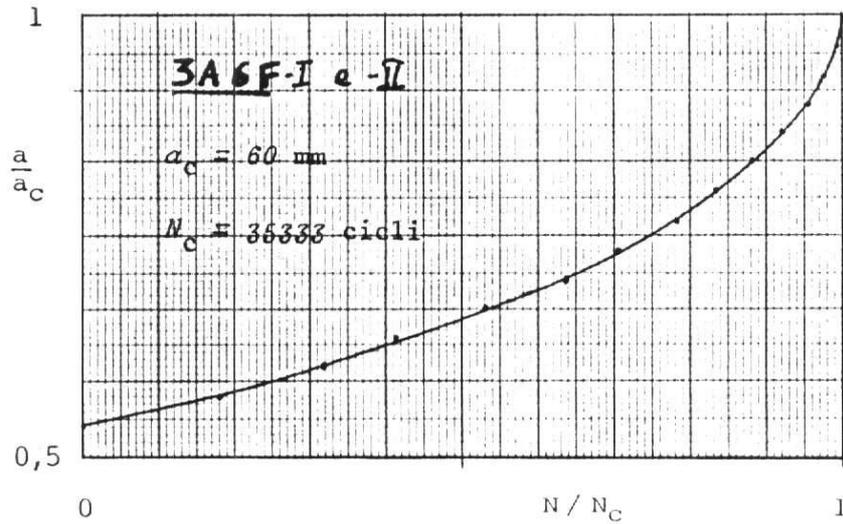


Fig.2 - Lunghezza della cricca, a , rapportata alla lunghezza critica, a_c , in funzione del numero di cicli, N , adimensionalizzato, per le provette 3A6F-I e -II.

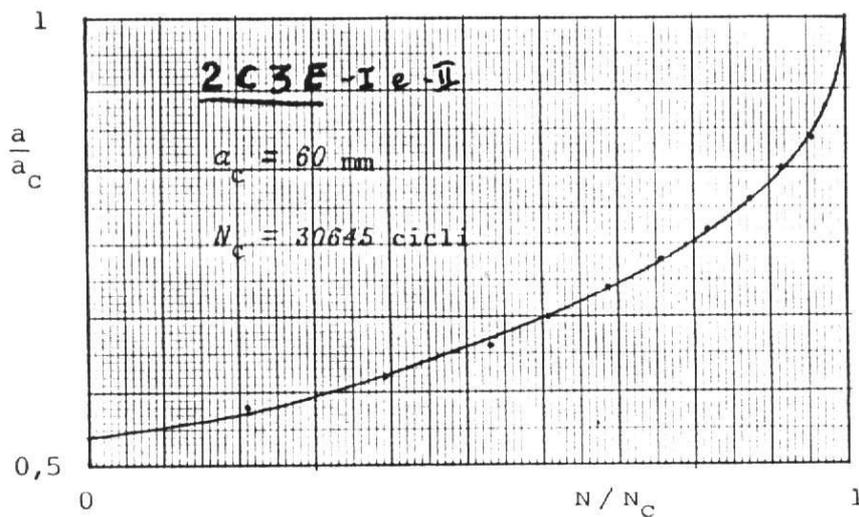


Fig.3 - Risultati delle prove di propagazione sui campioni 2C3E-I e 2C3E-II. I simboli sono gli stessi della figura precedente.

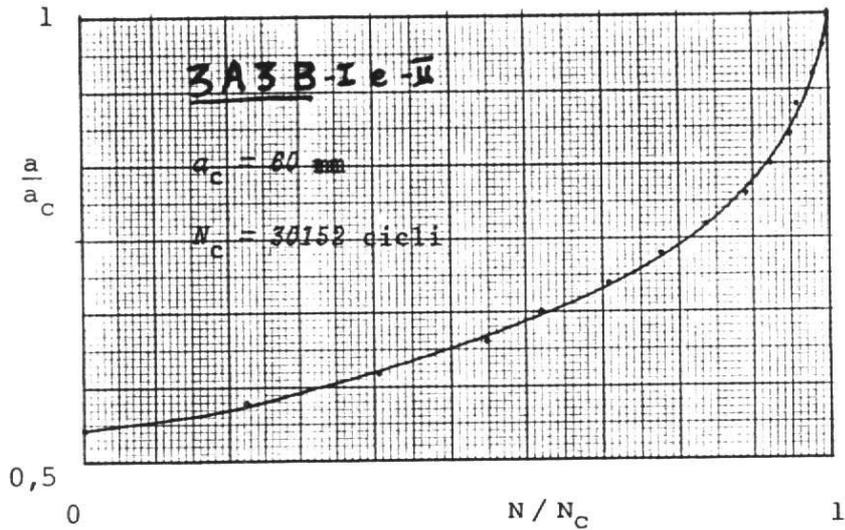


Fig.4 - Risultati delle prove di propagazione sui cam-
pioni 3A3B-I e 3A3B-II.

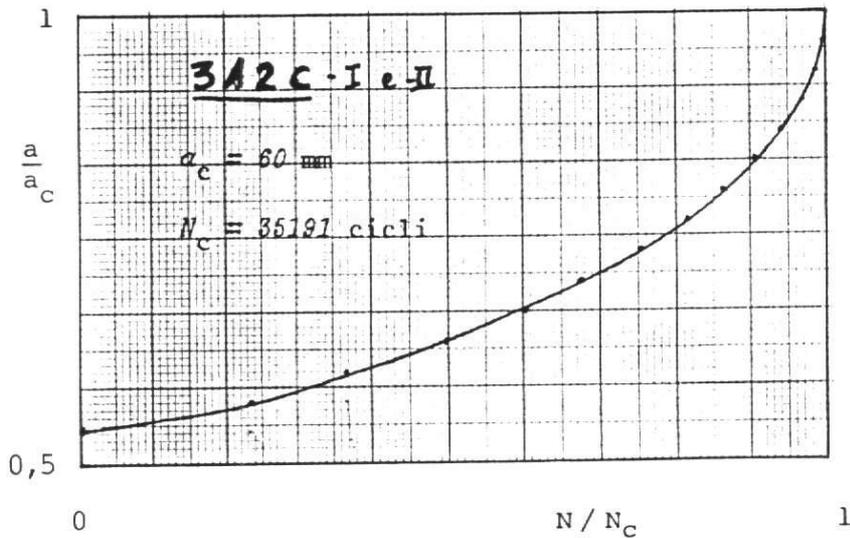


Fig.5 - Risultati delle prove di propagazione sui cam-
pioni 3A2C-I e 3A2C-II.

In particolare, l'innesco e la propagazione della cricca fino alla profondità $a = 30 \text{ mm}$ sono stati provocati con un carico sinusoidale alternosimmetrico ($R = -1$) di ampiezza e frequenza pari, rispettivamente, a 8 kN e a 10 Hz , mentre la successiva propagazione, fino al termine, è avvenuta sotto un'ampiezza di carico di 5 kN , sempre alla frequenza di 10 Hz . La lunghezza iniziale della cricca della fase utile della prova è stata

presa pari alla profondità di propagazione della prima fase incrementata di due millimetri per escludere gli effetti prodotti, sulla velocità di propagazione della seconda fase, dal carico più elevato della prima fase. La durata media complessiva della precricatura è stata di circa 40000 cicli.

I risultati ottenuti, pur essendo, per ora, piuttosto limitati, offrono la possibilità di individuare almeno un parametro caratterizzante il comportamento alla propagazione di cricche del singolo provino. Dall'esame dei diagrammi delle figg. 2÷5, infatti, si evince abbastanza chiaramente la differenza di comportamento dei diversi provini; differenza attribuibile quasi esclusivamente alla diversità strutturale del materiale, data l'elevata accuratezza con cui sono state controllate la geometria dei campioni e le condizioni di prova.

Il parametro associabile a detto comportamento potrebbe essere o la durata complessiva della fase utile di propagazione o, meglio, la velocità di propagazione in corrispondenza della lunghezza di cricca "a" pari ai $\frac{2}{3}$ della lunghezza critica. Anche la durata di propagazione, per detta lunghezza di cricca o per un altro valore di a da definire, potrebbe essere un utile parametro per caratterizzare il materiale, essendo state riscontrate differenze tra le durate, alla stessa profondità di cricca, fino a circa il 15% delle durate stesse.

La scelta definitiva del parametro che meglio evidenzia la differenza di comportamento del materiale dei diversi articoli di prova viene rimandata alla conclusione dell'intero programma di prove, quando la numerosità dei risultati potrà garantire una migliore interpretazione degli stessi, oltre a offrire l'occasione per correlare questo parametro, più direttamente di altri legato alle durate a fatica, ai parametri meccanici e/o tecnologici del materiale di più semplice determinazione.

Conclusioni

Il tentativo di fornire un mezzo per evidenziare l'influenza che le caratteristiche meccaniche e tecnologiche di un materiale possono esercitare sul comportamento a fatica di quest'ultimo sembra riuscito. Infatti, con le prove effettuate su un gruppo di provette, appositamente disegnate e ricavate da campioni in acciaio 30NiCrMoV12 rotti a fatica, si è dimostrata la possibilità di individuare almeno un parametro caratterizzante il comportamento alla propagazione di cricche del materiale, e per questo strettamente legato al comportamento a fatica di quest'ultimo, la cui variabilità da un provino all'altro dipenda quasi esclusivamente dal materiale stesso.

I parametri di propagazione di un certo interesse sono: la durata totale,

la durata di propagazione fino a una lunghezza di cricca pari ai $2/3$ della lunghezza critica; la velocità di propagazione in corrispondenza di quest'ultima durata.

Il completamento dell'intero programma di prove dovrebbe consentirci di operare la scelta definitiva del parametro che meglio si presta a caratterizzare il comportamento alla propagazione di cricche di un materiale e, nello stesso tempo, di effettuare la citata correlazione tra i risultati delle prove di fatica e parametri meccanici e/o tecnologici del materiale determinabili con prove semplici, anche non distruttive.

Bibliografia

1. De Iorio, A. e Florio, G., "Sulla scelta e preparazione di campioni per particolari prove di fatica", XII Conv. Naz. A.I.A.S., Sorrento, 24-27 Sett. 1984.
2. De Iorio, A. e Florio, G., "Comportamento a fatica dell'acciaio 30NiCrMoV12 per diverse finiture superficiali dei campioni", III Conv. Naz. I.G.F., Torino, 22-23 Maggio 1986.