

# **IL FENOMENO DELLA FATICA**

## **DEFINIZIONE**

Fenomeno consistente in un insieme di alterazioni che giungono a provocare la rottura improvvisa di un materiale (o di una struttura) sottoposto a sollecitazioni cicliche.

La fatica di un materiale (o di una struttura) si riscontra ogni volta che questo viene sottoposto a sforzi variabili ciclicamente nel tempo, che possono provocarne la rottura (detta appunto rottura per fatica) se il numero dei cicli di ripetizione è sufficientemente alto, pur essendo il valore massimo degli sforzi molto minore di quello di snervamento o di rottura in condizioni statiche.

Per ogni valore di sforzo minimo esiste un valore limite di sforzo massimo al di sotto del quale non si verifica la rottura del materiale per quanto grande sia il numero di ripetizioni del ciclo di sforzi: a tale valore limite si dà il nome di limite di fatica.

## **LEGGI DI VARIAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI**

Per inquadrare il fenomeno della fatica (che interessa strutture, materiali e macchinari, in particolare sottoposti a sollecitazioni cicliche), occorre in primo luogo definire le possibili leggi di variazione della sollecitazione, per ognuna delle quali sarà diverso il valore limite di fatica; queste si possono in pratica ricondurre a quattro cicli fondamentali: alterno simmetrico, in cui la sollecitazione oscilla con legge sinusoidale tra due valori di segno opposto, ma di uguale valore assoluto; alterno asimmetrico, i due estremi di sollecitazione hanno segno opposto e diverso valore assoluto; dello zero, uno degli estremi di sollecitazione è uguale a zero; pulsante, la sollecitazione varia tra due estremi dello stesso segno.

Occorre definire, inoltre, il pre-carico, valore medio della sollecitazione, il quale sarà nullo nel solo caso di ciclo alterno simmetrico. In tutti i materiali omogenei si trova una corrispondenza biunivoca tra il numero dei cicli necessari e il valore massimo della sollecitazione che, ripetuta quel determinato numero di volte, ne provoca la rottura.

## **ROTTURA PER FATICA**

Al concetto di fatica va comunque associato quello di durata, che rappresenta il massimo numero di cicli sopportati al momento della rottura.

Benché la natura del fenomeno non sia ancora del tutto conosciuta, si ritiene che la rottura per fatica derivi da una progressiva alterazione dello strato superficiale del materiale, che, estendendosi, riduce la sezione resistente fino a determinarne il cedimento senza che precedentemente si siano prodotte deformazioni permanenti apprezzabili.

La rottura per fatica può inoltre essere influenzata dalla struttura interna del materiale (sua natura, lavorazione e tipo di finitura superficiale), dalla forma, dalle dimensioni e dallo stato della struttura di cui fa parte il materiale, dal tipo di sollecitazione, dai suoi valori estremi, nonché dal limite di fatica. Il fattore più significativo è la finitura superficiale del materiale impiegato.

Le micro-cricche di fatica, di solito, hanno origine dalla superficie del pezzo in corrispondenza di zone di eccessiva micro-rugosità, intagli, zone filettate, fenditure per chiavette non raccordate, fori, angoli acuti, ecc.

Per questo motivo, nella progettazione ed esecuzione dell'elemento strutturale si cerca di evitare tutte queste zone di concentrazione degli sforzi agenti, come sede preferenziale di innesco di rottura a fatica.

Il limite di fatica può essere accresciuto mediante l'indurimento superficiale dell'elemento con trattamenti di diffusione (cementazione, nitrurazione) o meccanici (pallinatura, sabbiatura, ecc.).

Sul limite di fatica ha importanza fondamentale inoltre l'aggressività dell'ambiente nel quale l'elemento (o la struttura) si trova a operare, nel senso che la sollecitazione a fatica può favorire la corrosione (corrosione a fatica).

## **DETERMINAZIONE DEL LIMITE DI FATICA**

La determinazione del limite di fatica viene fatta sperimentalmente

Per il grafico vedi il lemma dell'8° volume.

Tra le macchine più usate vi sono quelle per prove di fatica a flessione rotante

In queste il provino, sollecitato da un carico che produce un momento flettente costante, è tenuto in rotazione intorno al suo asse da un motore; nel corso di

tale rotazione le fibre del materiale, situate lungo la circonferenza esterna, sono sottoposte a uno sforzo massimo, oscillante con legge sinusoidale, passando, durante un'intera rotazione, da uno stato di massima compressione a uno di massima trazione.

Tale rotazione viene ripetuta sullo stesso provino parecchie migliaia di volte al minuto. Il limite di fatica a flessione rotante viene determinato applicando a provini diversi carichi decrescenti (e quindi momenti decrescenti) e contando in corrispondenza di questi il numero delle rotazioni complete fino a rottura del provino.

Molto importante è lo studio dell'aspetto che assume la superficie di frattura quando avviene la rottura del provino.

Nelle zone più sollecitate della superficie si osservano, dopo un certo tempo, scorrimenti localizzati con formazione di micro-protuberanze e rientranze. Queste ultime diventano le zone di innesco delle micro-cricche che avanzano per deformazione plastica localizzata.

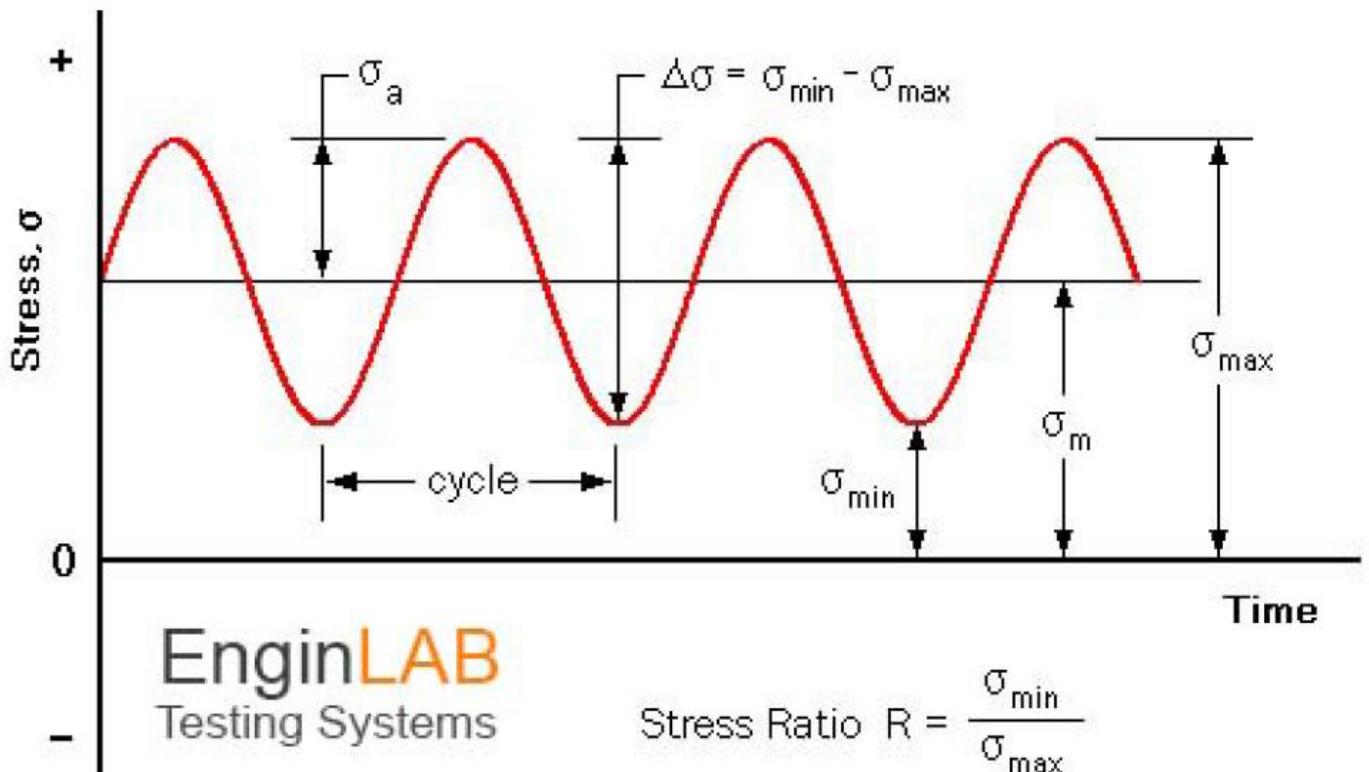
Si forma così una superficie di rottura opaca, vellutata, più o meno liscia, sulla quale generalmente si notano delle linee ad andamento parallelo che, dal punto dove la frattura ha origine, proseguono ricoprendola completamente (zona di rottura per fatica propriamente detta).

Allo stadio di propagazione della micro-fessura segue quello della rottura di schianto del provino, quando, per l'eccessiva riduzione di sezione, lo sforzo massimo applicato sulla parte di sezione ancora intatta supera quello di rottura del materiale.

## IMPORTANZA DELLE PROVE DI FATICA

Tutti i materiali e componenti possono presentare rotture precoci inaspettate anche se sottoposti a carichi inferiori al carico di rottura, tale fenomeno viene comunemente denominato come rottura per fatica.

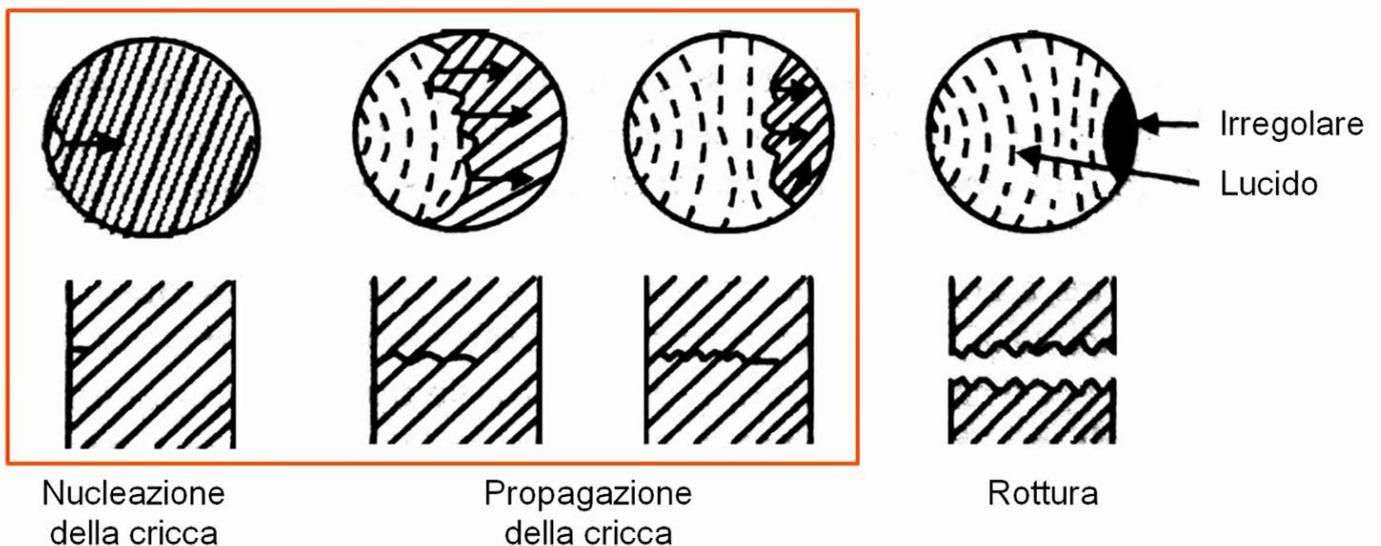
Pensiamo a tutte quelle parti soggette a forzanti che cambiano nel tempo: i pedali di una bicicletta, i semiassi di un'automobile, le ali di un aereo, il telaio e le sospensioni di un motociclo, le molle di sostegno del cestello della lavatrice etc. di qui si sapere quando avverrà la rottura permette ai progettisti di far in modo che la rottura avvenga il più tardi possibile, agli utilizzatori di eseguire una manutenzione programmata, ai venditori di essere sicuri di fornire un prodotto che segue le normative di sicurezza vigenti.



Abitualmente, la frattura per fatica è definita come quel fenomeno che porta alla frattura sotto ripetuti stress aventi un valore massimo inferiore del carico di rottura del componente.

Le fratture per fatica sono progressive ovvero iniziano come una piccola cricca che cresce ad ogni picco di carico positivo (trazione).

Una volta che la cricca inizia a propagarsi, la sezione resistente si riduce fino a che le tensioni risultanti non diventano uguali al carico di rottura del materiale. Si ha in questo momento la rottura finale di schianto che può essere sia fragile che duttile, a seconda del metallo coinvolto e delle circostanze tensionali alle quali era sottoposto.



La fatica è il fenomeno responsabile della grande maggioranza dei cedimenti in esercizio di organi in movimento di macchine (compressori, pompe, turbine), veicoli e aerei (oltre il 90%).

La rottura per fatica è insidiosa in quanto accade senza preavviso.

La frattura è di tipo fragile, senza deformazione plastica.

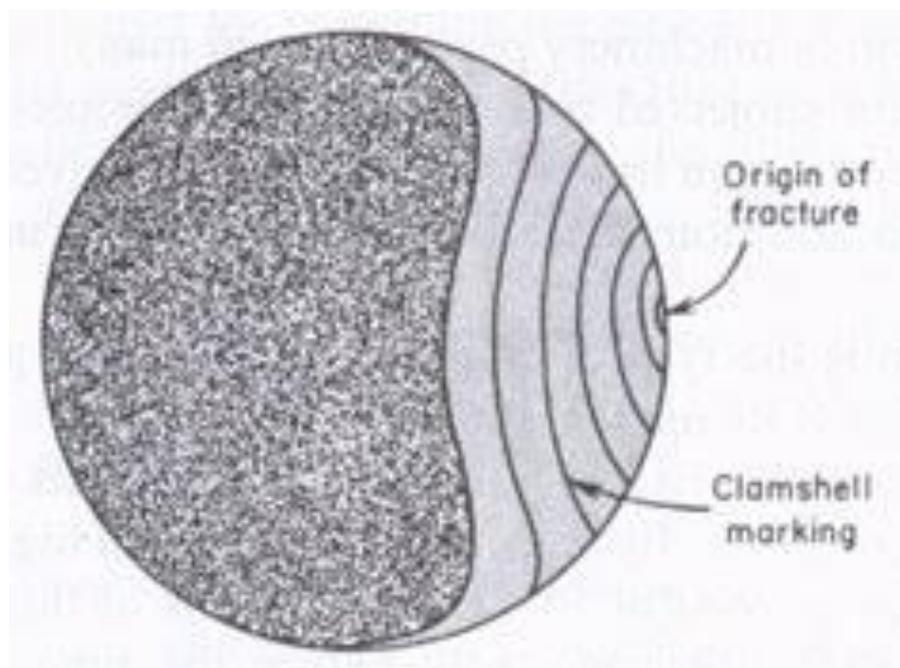
La resistenza a fatica dipende da molti fattori legati al materiale (metallurgia, trattamento superficiale, sollecitazioni residue), alle condizioni di esercizio (temperatura, corrosione, umidità, cicli di carico), e alla geometria del componente (presenza di intagli, fori, concentratori di sollecitazioni).

Da qui nasce l'importanza di provare i componenti simulando, in maniera accelerata, i cicli di carico in servizio, per migliorare e garantire la sicurezza dei prodotti durante la loro vita utile.

Le linee di spiaggia sono una caratteristica che si trova nelle fratture per fatica, e la loro presenza è normalmente un chiaro segnale del meccanismo di cedimento avvenuto.

Le linee di spiaggia vengono anche chiamate "linee di arresto" in quanto esse sono linee microscopicamente visibili che corrispondono generalmente a variazioni cromatiche che si manifestano quando si hanno interruzioni nella fase di propagazione di una frattura per fatica, in metalli relativamente duttili.

Le linee di spiaggia non devono essere confuse con le striature, benché siano presenti sullo stesso tipo di frattura; possono esserci centinaia di microscopiche striature tra ogni paio di macroscopiche linee di spiaggia.



## **TEST A FATICA**

La prova a fatica può essere condotta sia su provini unificati che su campioni.

Nel primo caso, la prova serve a determinare il comportamento e la durata del materiale quando sottoposto ai cicli di fatica impostati.

In base ai risultati sperimentali ottenuti è possibile ricostruire le curve di Wohler o il diagramma di Goodman-Smith del materiale stesso.

Nel secondo caso, è il componente stesso che viene sottoposto a cicli di carico accelerati che simulano in un tempo ridotto il numero di cicli cui il componente sarà sottoposto nel corso della vita, potendo così verificare che lo stesso possa effettivamente sopravvivere per il tempo per cui è stato progettato.