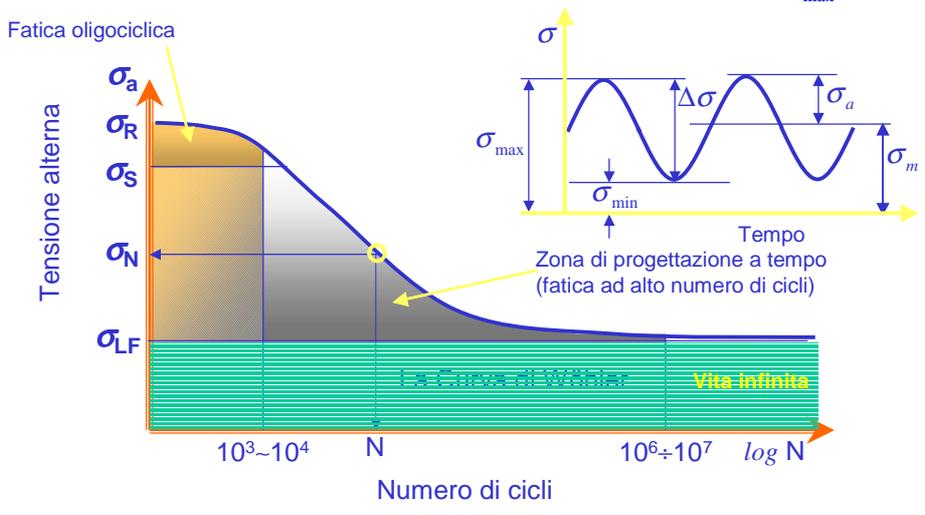


Modelli di accumulo del danno di fatica

La sollecitazione a fatica: nomenclatura

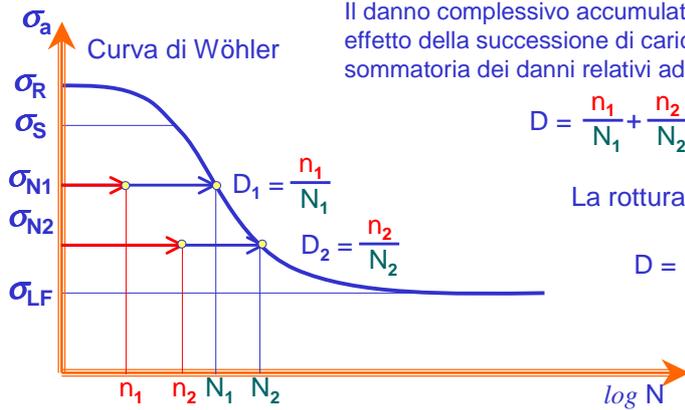
$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} \quad \sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} \quad \Delta\sigma = \sigma_{\max} - \sigma_{\min} \quad R = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$$



Modelli di cumulo del danno dovuto a carichi ciclici

Teoria lineare di Palmgren-Miner

Il danno accumulato dal materiale per effetto del carico ciclico è proporzionale al rapporto tra il numero di cicli che il componente ha subito n_1 ed il numero di cicli N_1 che provoca rottura al livello di sollecitazione σ_{N1}



Il danno complessivo accumulato dal materiale per effetto della successione di carichi ciclici è dato dalla sommatoria dei danni relativi ad ogni livello di carico:

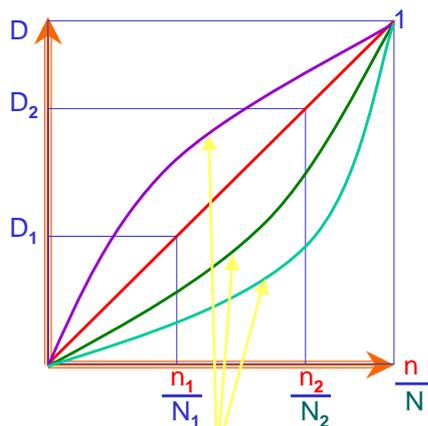
$$D = \frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} + \dots$$

La rottura si verifica se:

$$D = \sum_i \frac{n_i}{N_i} \geq 1$$

7-15

Modelli di cumulo del danno



le diverse curve sono relative a diversi valori di carico

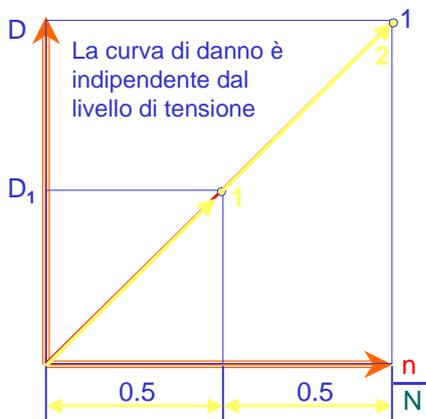
Teoria lineare di Palmgren-Miner $D_i = \frac{n_i}{N_i}$

In realtà la rottura può verificarsi per valori di D compresi tra 0.6 e 1.6

$$D = \sum_i \frac{n_i}{N_i} \begin{matrix} < 1.6 \\ > 0.6 \end{matrix}$$

e nel caso di particolari successioni di cicli la variabilità del valore critico di D può essere ancora più ampia, con valori compresi tra 0.25 e 4

Modelli di cumulo del danno



Applicando la teoria lineare nel caso di due livelli di sollecitazione σ_1 e σ_2 (con $\sigma_1 < \sigma_2$)

Il valore di $\sum_i \frac{n_i}{N_i}$ non dipende dalla sequenza di carico.

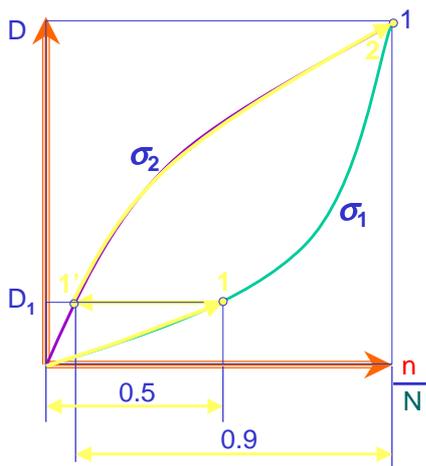
Sequenza \Rightarrow n_1 a livello σ_1
 n_2 a livello σ_2

$n_1 (\sigma_1)$ fino a $\frac{n_1}{N_1} = 0.5$

$n_2 (\sigma_2)$ fino a rottura $\Rightarrow D=1$

$$\frac{n_1}{N_1} = 0.5 \quad \frac{n_2}{N_2} = 0.5 \quad \longrightarrow \quad \sum_i \frac{n_i}{N_i} = 1$$

Modelli di cumulo del danno



Applicando un modello non lineare di cumulo del danno nel caso di due livelli di sollecitazione σ_1 e σ_2 , (con $\sigma_1 < \sigma_2$)

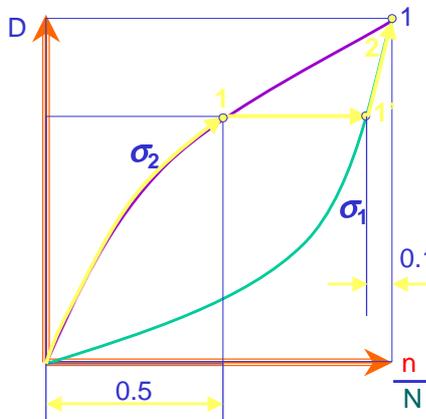
il valore di $\sum_i \frac{n_i}{N_i}$ dipende dalla sequenza di carico.

Sequenza n°1 \Rightarrow n_1 a livello σ_1
 n_2 a livello σ_2

Sequenza n°2 \Rightarrow n_2 a livello σ_2
 n_1 a livello σ_1

$$\frac{n_1}{N_1} = 0.5 \quad \frac{n_2}{N_2} = 0.9 \quad \longrightarrow \quad \sum_i \frac{n_i}{N_i} = 0.5 + 0.9 = 1.4$$

Modelli di cumulo del danno



Applicando un modello non lineare di cumulo del danno nel caso di due livelli di sollecitazione σ_1 e σ_2 , (con $\sigma_1 < \sigma_2$)

il valore di $\sum_i \frac{n_i}{N_i}$ dipende dalla sequenza di carico.

Sequenza n°1 \Rightarrow n_1 a livello σ_1
 n_2 a livello σ_2

Sequenza n°2 \Rightarrow n_2 a livello σ_2
 n_1 a livello σ_1

$$\frac{n_2}{N_2} = 0.5 \quad \frac{n_1}{N_1} = 0.15 \quad \longrightarrow \quad \sum_i \frac{n_i}{N_i} = 0.5 + 0.15 = 0.65$$

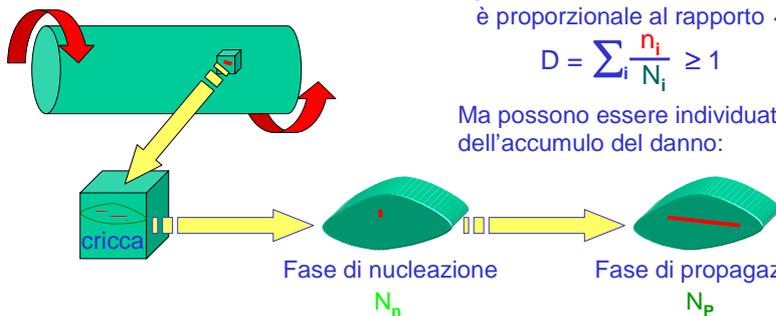
Modelli di cumulo del danno

Teoria bilineare di Manson

Il danno accumulato dal materiale per effetto del carico ciclico è proporzionale al rapporto $\frac{n}{N}$

$$D = \sum_i \frac{n_i}{N_i} \geq 1$$

Ma possono essere individuate due fasi dell'accumulo del danno:



$$N_{tot} = N_n + N_p \Rightarrow \text{n}^\circ \text{ di cicli che causano la rottura}$$

$$N_p = P N_{tot}^p \rightarrow \text{n}^\circ \text{ di cicli necessari alla propagazione del difetto}$$

$$N_n = N_{tot} - N_p \rightarrow \text{n}^\circ \text{ di cicli necessari alla nucleazione del difetto}$$

Caratteristiche del materiale

\longrightarrow Per molti materiali per costruzioni meccaniche $P = 14$ e $p = 0.6$

Modelli di accumulo del danno

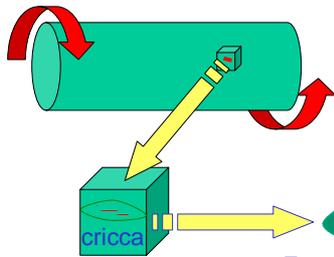
Teoria bilineare di Manson

N_{tot} \Rightarrow ottenuta dalla curva di Wöhler

$$N_P = 14 N_{tot}^{0.6} \quad N_n = N_{tot} - N_P$$

$$\sum_i \frac{n_i}{N_{ni}} = 1$$

$$\sum_j \frac{n_j}{N_{pj}} = 1$$



Fase di nucleazione

N_n

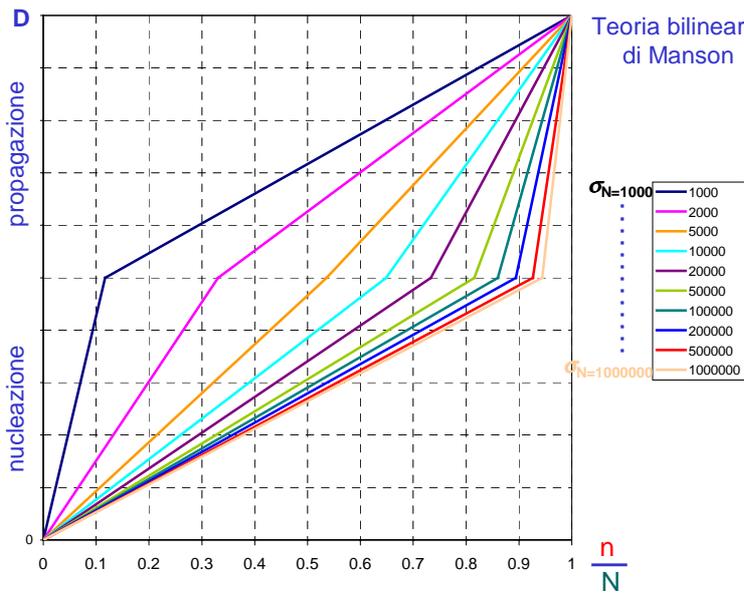
Fase di propagazione

N_P

Se $N_{tot} < 750 \Rightarrow N_n = 0 \quad N_P = N_{tot}$

Modelli di cumulo del danno

Teoria bilineare di Manson



Modelli di cumulo del danno: esercizio 1

Una barra di torsione, del diametro **D** di **25 mm**, è stata sollecitata per **60 000 cicli** con un ciclo alterno simmetrico con ampiezza di **±500 Nm**.

Successivamente, lo stesso componente viene montato su un altro dispositivo, dove viene sollecitato con un ciclo dallo zero caratterizzato da un momento torcente massimo di **750 Nm**.

Utilizzando sia la legge di accumulo lineare del danneggiamento per fatica di Miner che quella bilineare di Manson, si valuti quanti cicli la barra può ancora sopportare considerando un coefficiente di sicurezza **X = 1.25**.

Materiale: C60 ($\sigma_R = 800$ MPa, $\sigma_S = 600$ MPa, $\sigma_{LA} = 320$ MPa)

Coefficienti legge di Manson: $P = 14$, $p = 0.6$

