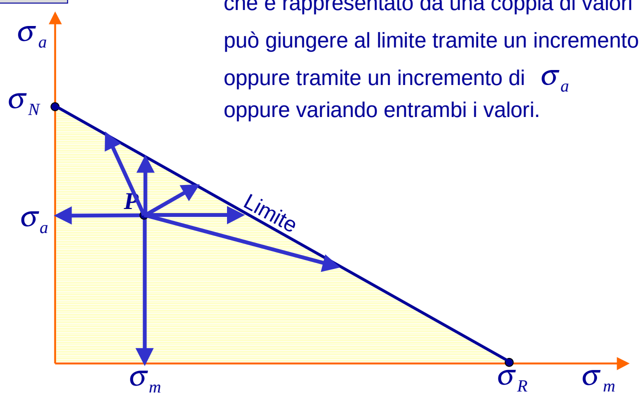
Calcolo a fatica

di componenti meccanici

Terza parte

Il coefficiente di sicurezza nella progettazione a fatica

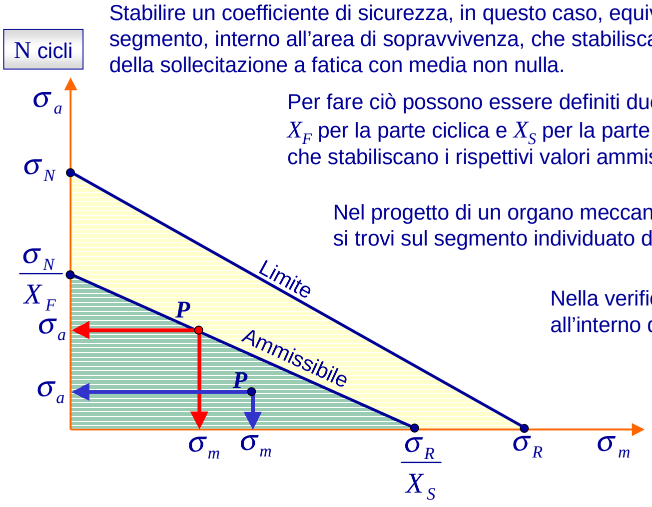
N cicli



Un qualsiasi punto ***P*** all'interno dell'area sottesa dal segmento σ_N σ_R
che è rappresentato da una coppia di valori σ_a σ_m
può giungere al limite tramite un incremento di σ_m
oppure tramite un incremento di σ_a
oppure variando entrambi i valori.

Il coefficiente di sicurezza nella progettazione a fatica

Stabilire un coefficiente di sicurezza, in questo caso, equivale a tracciare un secondo segmento, interno all'area di sopravvivenza, che stabilisca il confine "ammissibile" della sollecitazione a fatica con media non nulla.

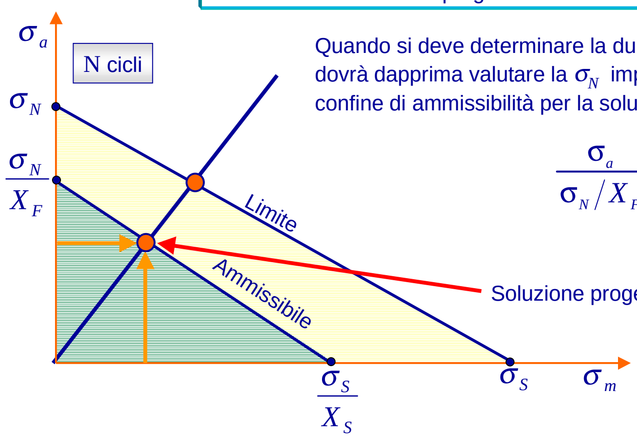


Per fare ciò possono essere definiti due coefficienti di sicurezza, X_F per la parte ciclica e X_S per la parte statica della sollecitazione che stabiliscano i rispettivi valori ammissibili per le sollecitazioni.

Nel progetto di un organo meccanico si impone che il punto ***P*** si trovi sul segmento individuato dalle tensioni ammissibili.

Nella verifica il punto ***P*** dovrà trovarsi all'interno dell'area in verde.

Relazioni di progetto e verifica

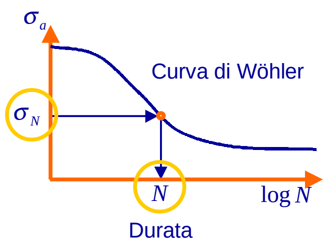


Quando si deve determinare la durata ***N*** di un componente si dovrà dapprima valutare la σ_N imponendo il passaggio del confine di ammissibilità per la soluzione progettuale (σ_a, σ_m) :

$$\frac{\sigma_a}{\sigma_N / X_F} + \frac{\sigma_m}{\sigma_S / X_S} = 1$$

Poi, entrando nel diagramma del Woehler con il valore di σ_N valutato, si ottiene la durata ***N***.

Questo passaggio può essere fatto graficamente (se si dispone del diagramma completo) oppure analiticamente utilizzando un'approssimazione della curva del tipo: $\sigma^m N = cost$.

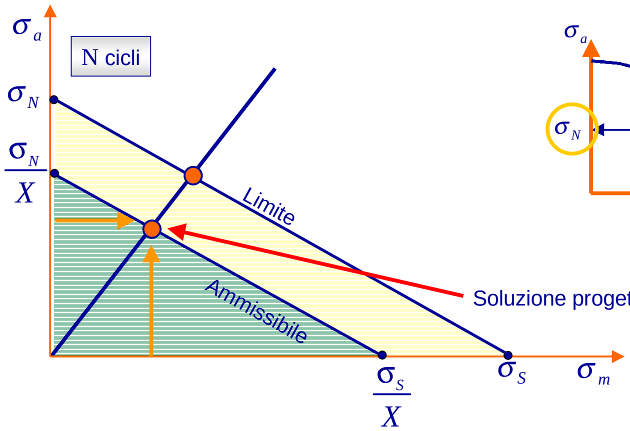


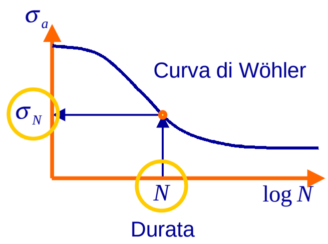
Relazioni di progetto e verifica

Se, invece, si deve determinare il coefficiente di sicurezza per una data soluzione progettuale, non ha più senso utilizzare due coefficienti. Per cui, si potrà scrivere semplicemente:

$$\frac{\sigma_a}{\sigma_N} + \frac{\sigma_m}{\sigma_S} = \frac{1}{X}$$

In cui σ_N va valutato sulla base della durata N richiesta:

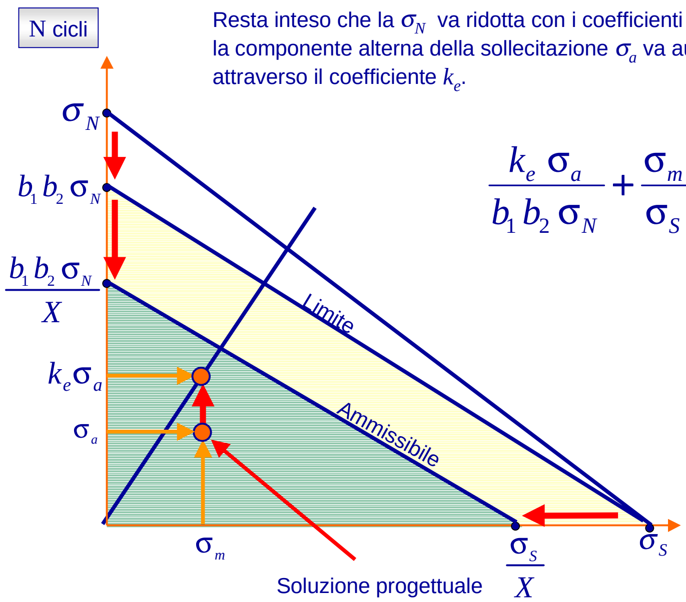




Relazioni di progetto e verifica

Resta inteso che la σ_N va ridotta con i coefficienti b_1 e b_2, e che la componente alterna della sollecitazione σ_a va aumentata attraverso il coefficiente k_e.

$$\frac{k_e \, \sigma_a}{b_1 \, b_2 \, \sigma_N} + \frac{\sigma_m}{\sigma_S} = \frac{1}{X}$$



Fatica multiassiale

Il criterio di progettazione e verifica fino a qui descritto è valido quando lo stato di tensione, pur variando nel tempo, è monoassiale e, quindi, descrivibile dalla sola $\sigma = \sigma_m \pm \sigma_a$.

Quando questo non è più vero, cioè quando tutti i termini del tensore delle tensioni sono variabili ciclicamente nel tempo con ampiezze, frequenza e fase diversa, le cose si complicano notevolmente.
Allo stato attuale della ricerca, per gestire questi casi non esiste un modello facilmente applicabile e di validità generale.

Nel caso largamente più comune nella pratica ingegneristica, in cui lo stato di tensione è piano, sono state proposte delle estensioni della procedura sino a qui presentata che si basano sull'introduzione del concetto di tensione media equivalente $\sigma_{m\,eq}$ e tensione alterna equivalente $\sigma_{a\,eq}$.

Fatica multiassiale

Quindi, nell'ipotesi che σ_x, σ_y e τ_{xy} varino ciclicamente nel tempo con lo stesso periodo e fase, potremo scrivere che:

$$\sigma_x = \sigma_{xm} \pm k_e \sigma_{xa}$$
$$\sigma_y = \sigma_{ym} \pm k_e \sigma_{ya}$$
$$\tau_{xy} = \tau_{xym} \pm k'_e \tau_{xya}$$

Da cui potranno essere ricavate la tensione media equivalente $\sigma_{m\,eq}$ e la tensione alterna equivalente $\sigma_{a\,eq}$ applicando dei criteri di equivalenza f:

$$\sigma_{m\,eq} = f_m(\sigma_{xm}, \sigma_{ym}, \tau_{xym})$$
$$\sigma_{a\,eq} = f_a(k_e \sigma_{xa}, k_e \sigma_{ya}, k'_e \tau_{xya})$$

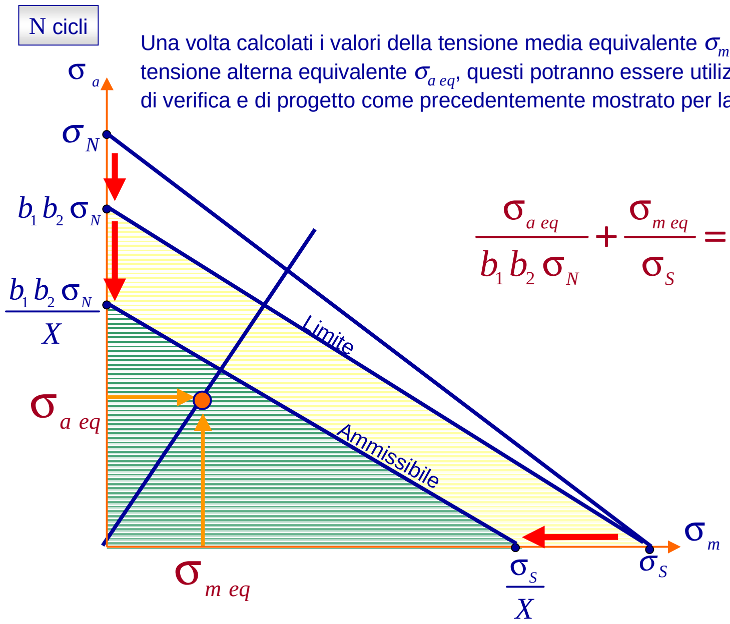
Fatica multiassiale

Sono stati proposti diversi criteri di equivalenza, per gran parte mediati dai criteri di resistenza per carichi statici, che danno luogo ai seguenti metodi:

Metodo	$\sigma_{m\,eq} =$	$\sigma_{a\,eq} =$
Sines	$\sigma_{xm} + \sigma_{ym}$	
Von Mises	$\sqrt{\sigma_{xm}^2 + \sigma_{ym}^2 - \sigma_{xm}\sigma_{ym} + 3\tau_{xym}^2}$	$\sqrt{(k_{xe}\sigma_{xa})^2 + (k_{ye}\sigma_{ya})^2 - k_{xe}\sigma_{xa}\,k_{ye}\sigma_{ya} + 3(k'_e\tau_{xya})^2}$
Juvinall	$\frac{\sigma_{xm}+\sigma_{ym}}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_{xm}-\sigma_{ym}}{2}\right)^2 + \tau_{xym}^2}$	

Fatica multiassiale

Una volta calcolati i valori della tensione media equivalente $\sigma_{m\,eq}$ e della tensione alterna equivalente $\sigma_{a\,eq}$, questi potranno essere utilizzati per i calcoli di verifica e di progetto come precedentemente mostrato per la σ_m e la σ_a.



$$\frac{\sigma_{a\,eq}}{b_1 b_2 \sigma_N} + \frac{\sigma_{m\,eq}}{\sigma_S} = \frac{1}{X}$$