



IL FENOMENO FATICA

- L'applicazione di carichi non costanti nel tempo, in particolare con andamento temporale ciclico, comporta la possibile rottura dei componenti anche quando la sollecitazione massima è inferiore al carico unitario di snervamento del materiale.
- il fenomeno della fatica è:
 - **permanente** (non reversibile);
 - **progressivo** (ogni applicazione di carico induce un danno);
 - **localizzato** (non è un degrado delle caratteristiche del materiale, p.e. invecchiamento delle gomme, ma riguarda soltanto una zona limitata del componente)

Introduzione fatica e propagazione

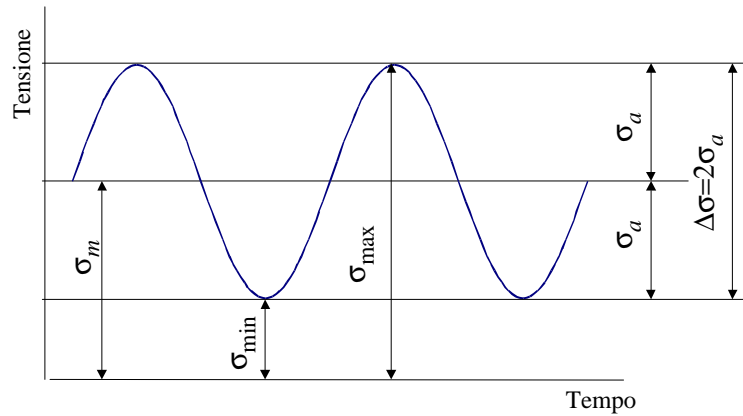
1

- **approccio microscopico**: analizza i motivi del fenomeno e studia i cambiamenti metallurgici e strutturali del materiale;
- **approccio fenomenologico** o empirico: cerca di fornire strumenti al progettista per:
 - evitare le rotture di fatica;
 - valutare la durata che può essere raggiunta dal componente prima che si verifichino pericolosi cedimenti
- La presenza di intagli influenza fortemente la resistenza a fatica dei componenti.

Introduzione fatica e propagazione

2

Per individuare un ciclo sono necessari almeno due parametri indipendenti relativi alla tensione o alla deformazione (UNI 3964):



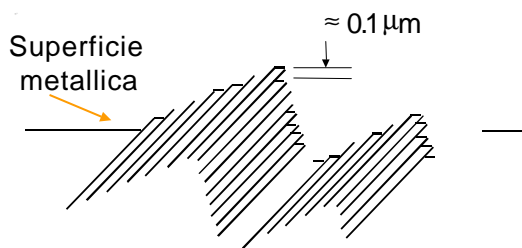
$$R = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}, \quad R_a = \frac{\sigma_a}{\sigma_m}$$

$$R_a = \frac{1-R}{1+R}, \quad R = \frac{1-R_a}{1+R_a}$$

Introduzione fatica e propagazione

3

Nucleazione e propagazione

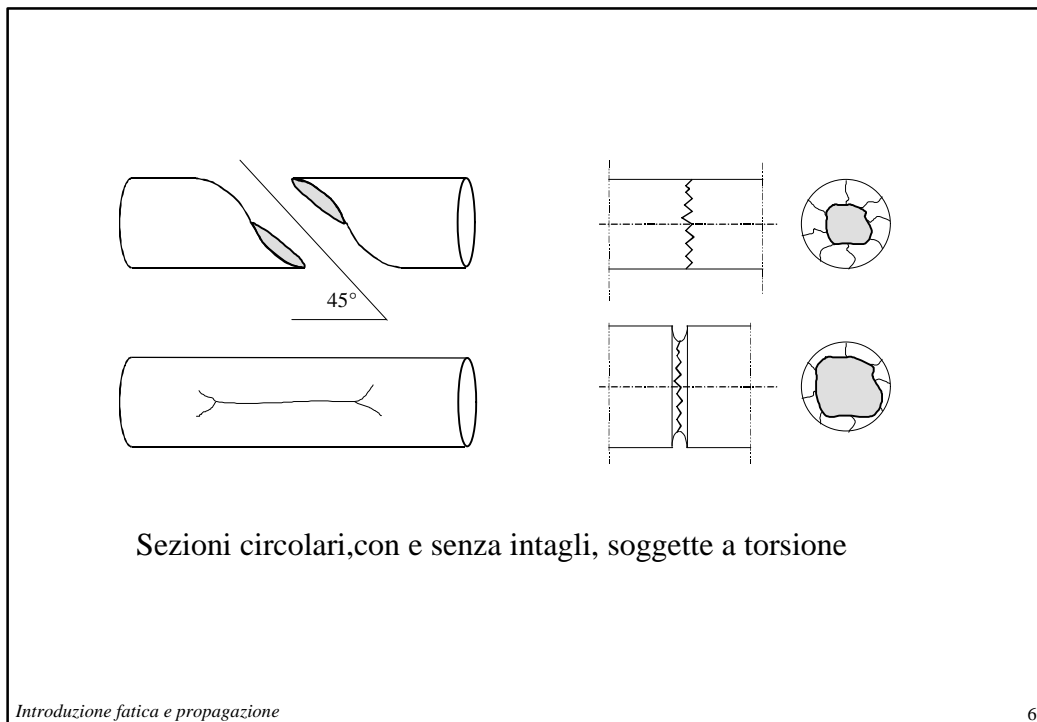
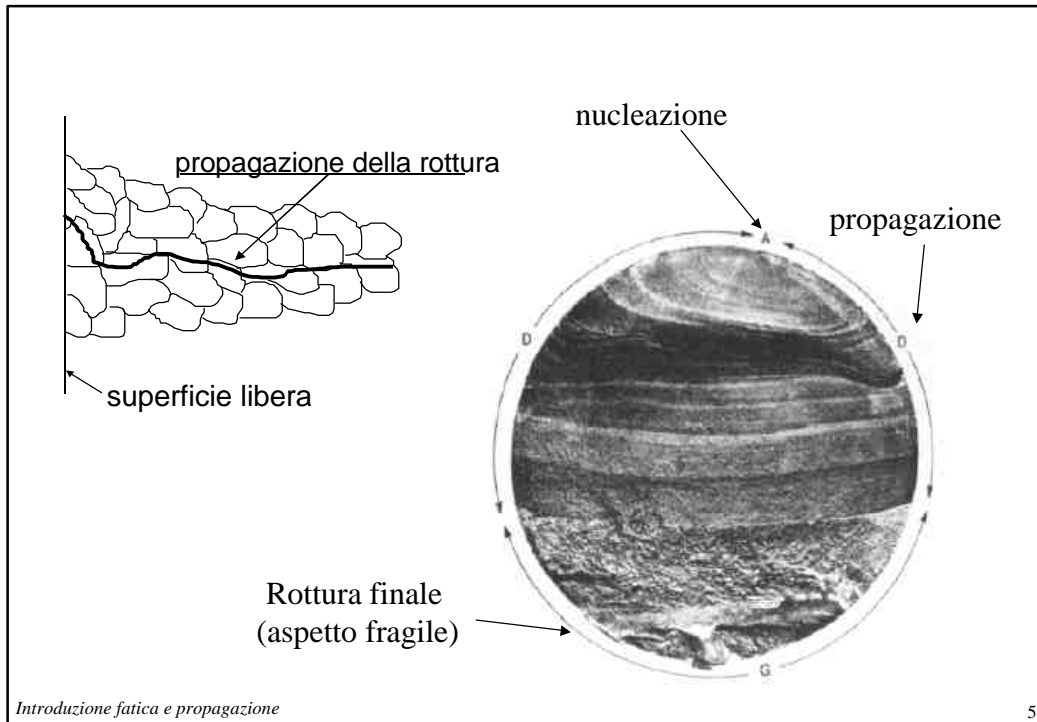


Scorrimento in un metallo
dovuto a carichi ciclici



Introduzione fatica e propagazione

4



Fatigue Failure due to Torsional Loading

FIGURE 3.3 Fatigue failure of a twisted shaft (1) reported with parameters of the Mohr's circle (a) and (b) and (c) showing the crack path.

Introduzione fatica e propagazione 7

Scanning electron microscope image - striations clearly visible

macrocopic fracture process (river) direction

secondary crack

fatigue striations

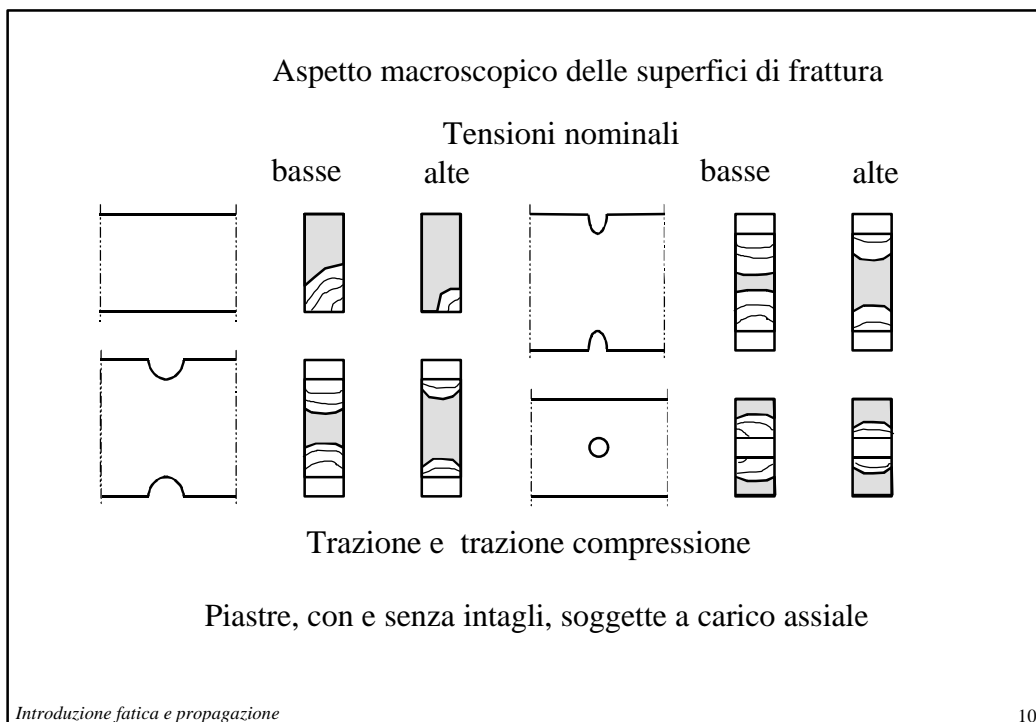
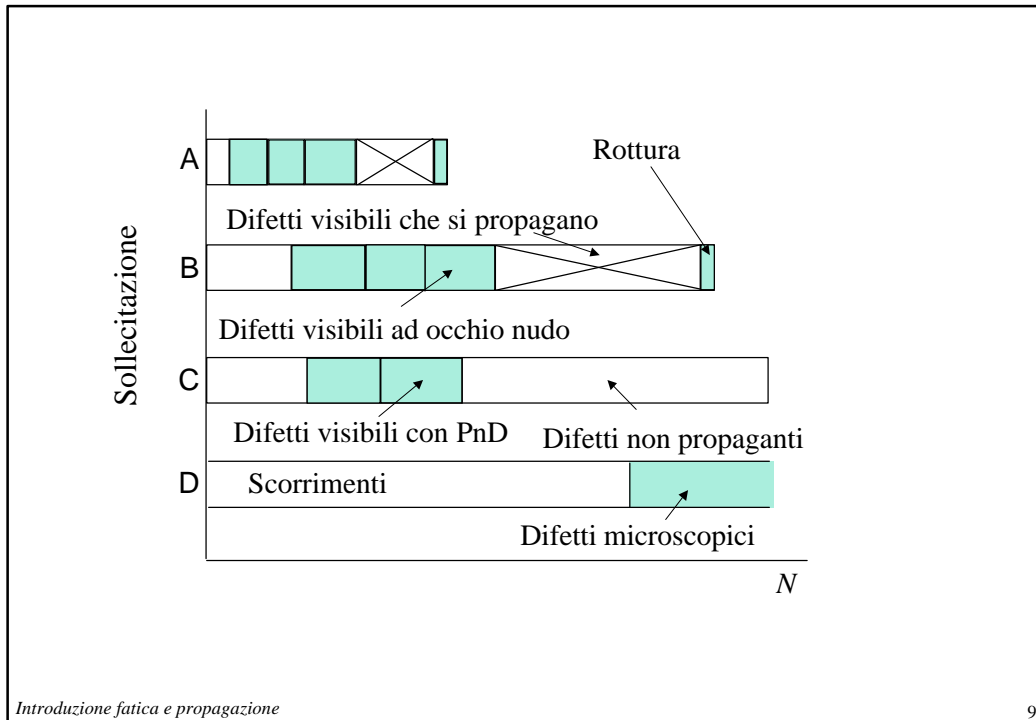
secondary crack

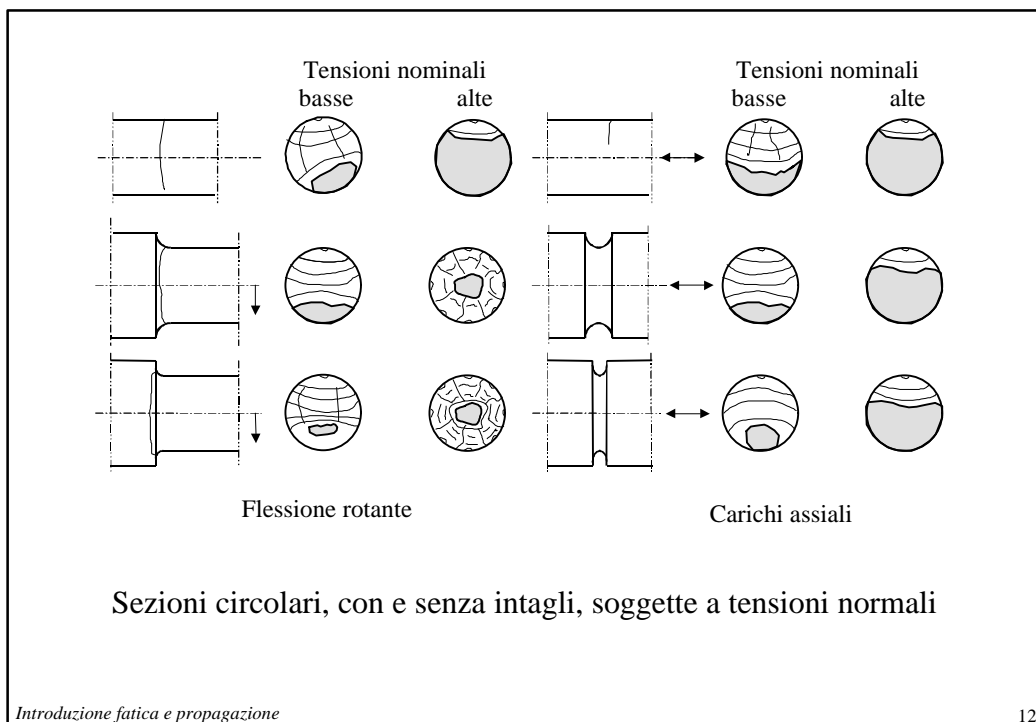
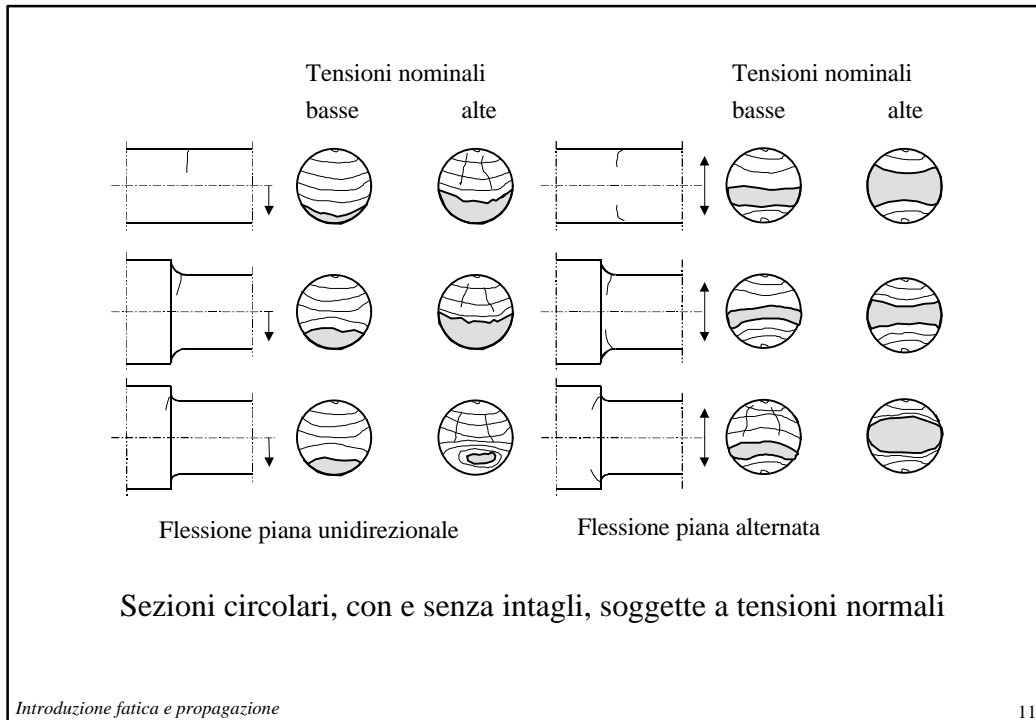
crack paths 1-13

Schematic drawing of a fatigue fracture surface

Scala nanometrica

Introduzione fatica e propagazione 8





Propagazione di una cricca sotto carichi cicli

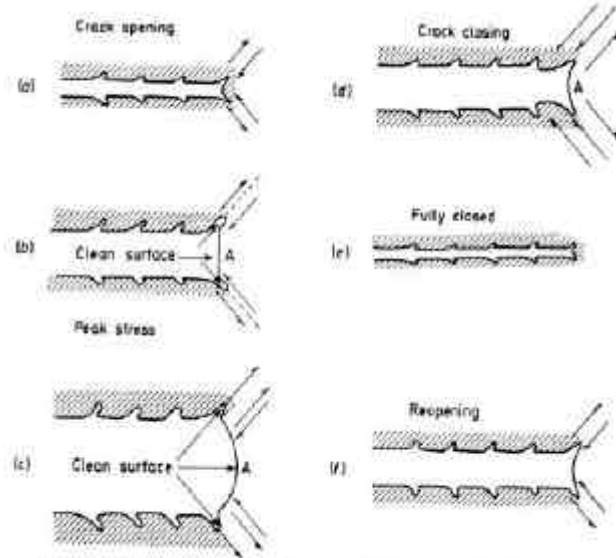
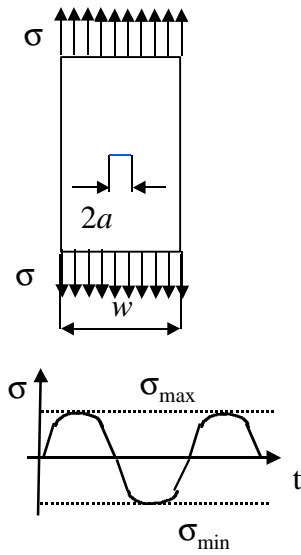


Figure 9.4 Schematic representation of fatigue crack advance by plastic blunting process

Introduzione fatica e propagazione

13



Figure 2.23 Typical striations around an inclusions [8]

la parte di ciclo
negativa non
influenza la
propagazione.....

$$K_{I\max} = Y\sigma_{\max}\sqrt{a} < K_{Ic}$$

$$K_{I\min} = Y\sigma_{\min}\sqrt{a}$$

se $\sigma_{\min} < 0$ allora

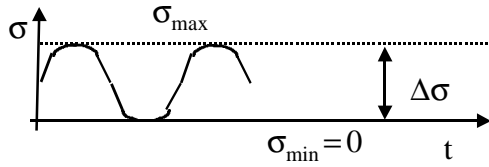
$$K_{I\min} = 0$$

Introduzione fatica e propagazione

14

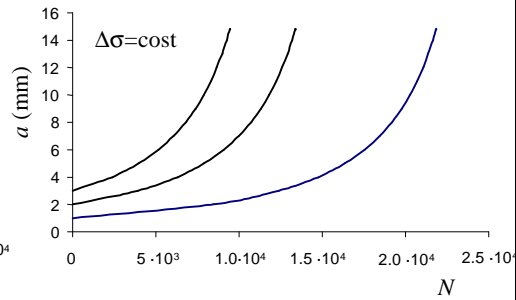
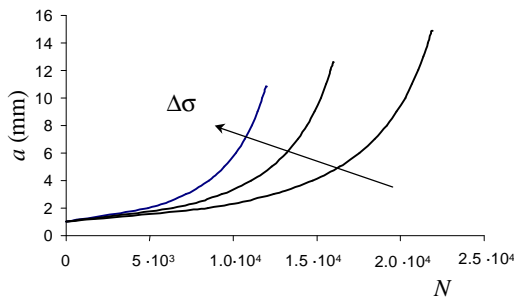


Prove di propagazione



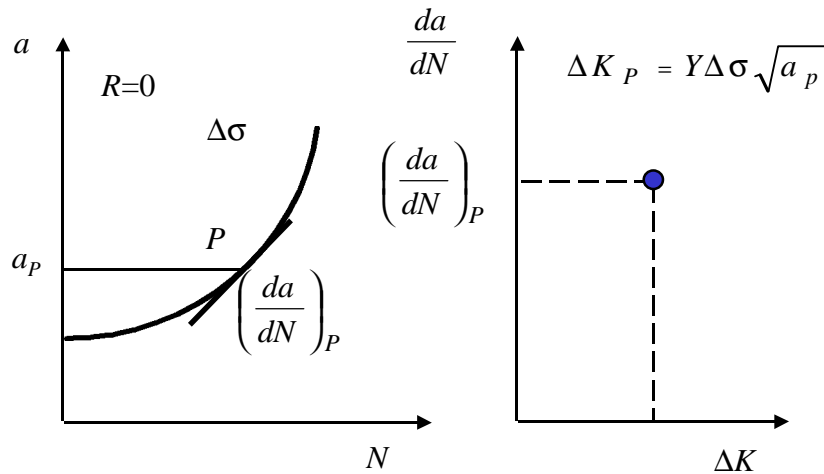
$$\sigma_{\min} = 0$$

$$R = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} = \frac{K_{I\min}}{K_{I\max}} = 0$$



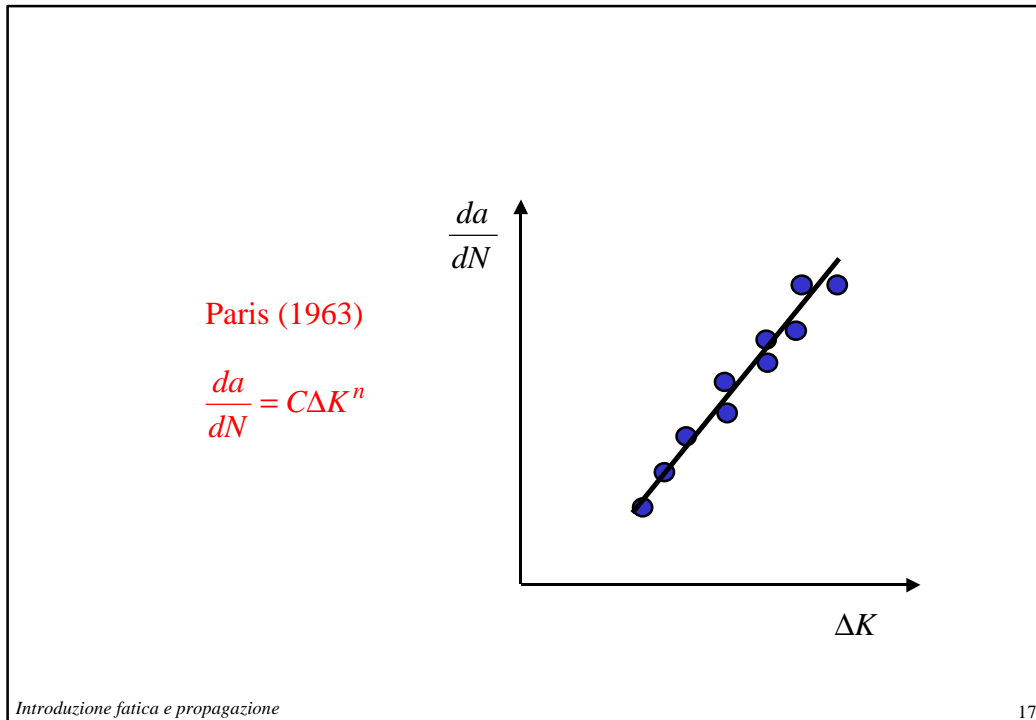
Introduzione fatica e propagazione

15



Introduzione fatica e propagazione

16



acciai martensitici ($\sigma_{sn} > 480\text{MPa}$, $R_m > 620\text{MPa}$)

$$\frac{da}{dN} = 1.35 \cdot 10^{-10} \Delta K^{2.25}$$

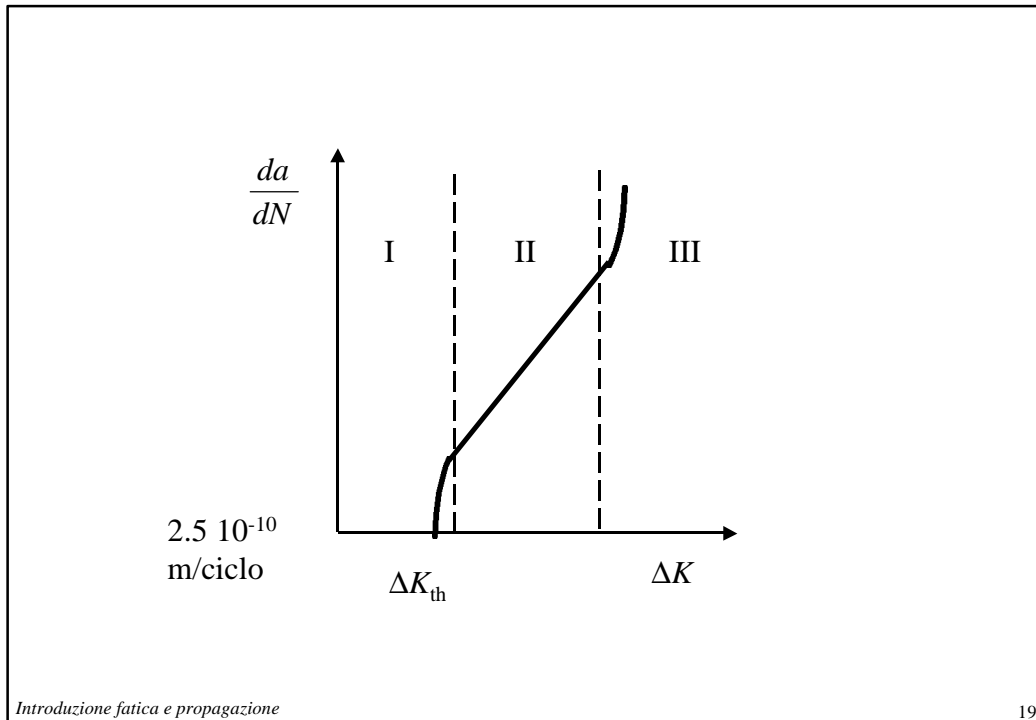
acciai ferritici – perl. ($\sigma_{sn} < 550\text{MPa}$, $R_m < 750\text{MPa}$)

$$\frac{da}{dN} = 6.90 \cdot 10^{-12} \Delta K^{3.0}$$

acciai austenitici ($\sigma_{sn} < 340\text{MPa}$, $R_m < 650\text{MPa}$)

$$\frac{da}{dN} = 5.60 \cdot 10^{-12} \Delta K^{3.25}$$

Introduzione fatica e propagazione 18



Integrazione legge di Paris

$$\frac{da}{dN} = C \Delta K^n \Rightarrow dN = \frac{da}{C (Y \Delta \sigma \sqrt{a})^n}$$

$$N = \int_{a_0}^{a_f} \frac{da}{C (Y \Delta \sigma \sqrt{a})^n}$$

NB:

$$K_{Ic} = Y \sigma_{\max} \sqrt{a_{cr}} \Rightarrow a_{cr} = \left(\frac{K_{Ic}}{Y \sigma_{\max}} \right)^2$$

collasso plastico $\Rightarrow a_{sn}$

cricche passanti $\Rightarrow t$ (spessore)

$$a_f = \min(a_{cr}, a_{sn}, t)$$

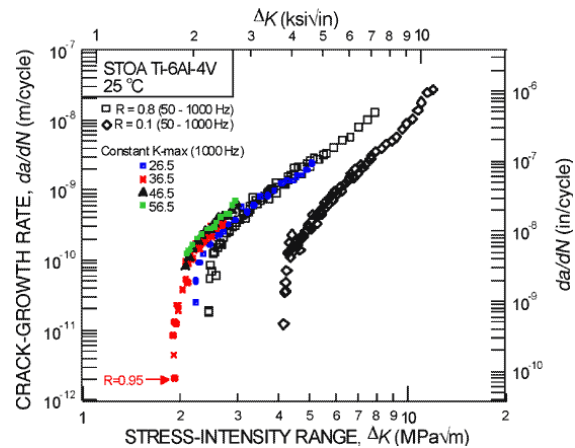
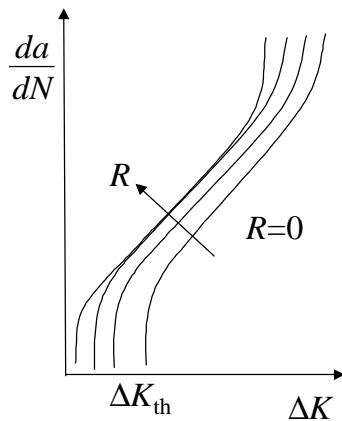
....se $Y = \text{costante}$

$$N = \frac{a_f \left(1 - \frac{n}{2}\right) - a_0 \left(1 - \frac{n}{2}\right)}{\left(1 - \frac{n}{2}\right) C (Y \Delta \sigma)^n} \quad (n \neq 2)$$

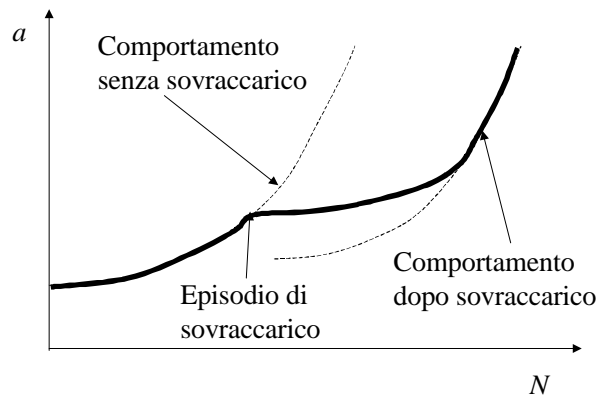
$$N = \frac{1}{C (Y \Delta \sigma)^2} \ln \left(\frac{a_f}{a_0} \right) \quad (n = 2)$$

....se $Y \neq \text{costante} \Rightarrow$ integrazione numerica

Effetto della tensione media

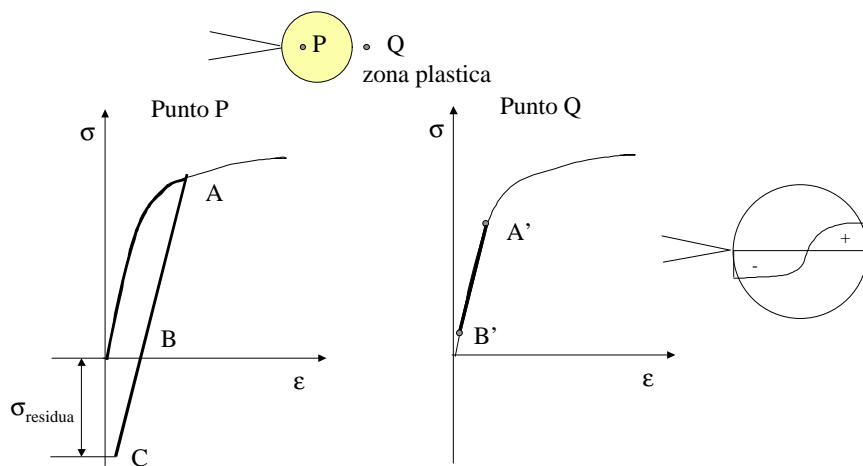


Effetto di sovraccarichi singoli



Introduzione fatica e propagazione

23



Introduzione fatica e propagazione

24