

α : Facteur dépend du rapport de charge R , du matériau et de l'environnement, Il est donné par la relation:

$$\alpha = \frac{k_{\max} - k_{\text{ouv}}}{k_{\max} - k_{\min}} \quad (0 \leq \alpha \leq 1)$$

avec: α ~~dépend~~ pour l'aluminium ($\alpha = 0, 1 + 0, 4R$)

k_{ouv} : Facteur de contrainte minimum nécessaire pour ouvrir totalement la piste de fissure qui représente dans la Fig 4- (Seule la.

La représentation des courbes de fissuration permet d'éliminer l'effet du rapport de charge:

$$\frac{da}{dN} = C (K_{\text{eff}})^m$$

Elber a montré qu'une fissure de fatigue reste fermée pendant une partie du cycle à cause de la déformation résiduelle en traction dans le sillage de la zone plastifiée accompagnant la fissure.

Par ailleurs, de nombreuses études mettent l'accent sur d'autres phénomènes (Fig 4-7) expliquant la fermeture / ouverture. Parmi les principaux phénomènes on a les:

- la fermeture induite par l'oxydation.

- Fermeture induite par la rugosité de la surface de la fissure et

associée à des diploemats en mode II

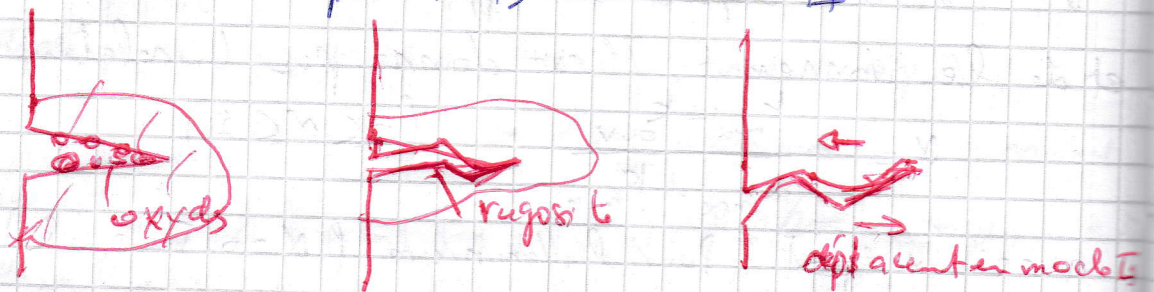


Fig. 4-7: Causes de la fermeture des fissures.

4-7: Modèles décrivant la propagation de la fissure

Approximation du diagramme S-N pour les aciers.

Pour les aciers, la courbe S-N est obtenue approximativement en joignant par une droite, sur du papier log-log, les points A ($\log S_u$ à 10^3 cycles) et B (S_e à 10^6 cycles) (Fig 4-8)

Sur la limite de rupture

Noter pour $N < 1000$ cycles, la résistance à la fatigue S_f se rapproche de la limite de rupture S_u

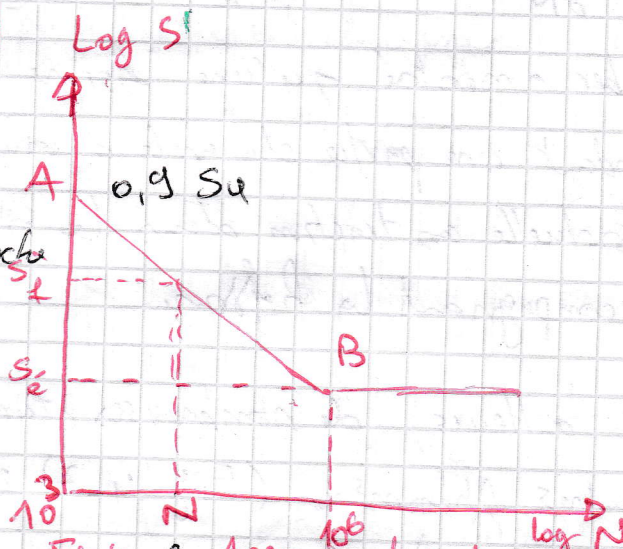


Fig 4-8. Approximation du diagramme S-N pour les aciers.

Approximation Analytique

Il faut établir l'équ de la ligne AB de la fig 4-8. L'équ de cette droite est de la forme.

$$y = mx + b \quad (5-1)$$

Où $y = \log S_f$ (5-2)

$$m = \frac{\log(0,954) - \log S_e}{\log 10^3 - \log 10^6} = \frac{1}{3} \log \left(\frac{S_e}{0,954} \right) \quad (5-3)$$

$$x = \log N - 3 \quad (5-4)$$

$$b = \log(0,954) \quad (5-5)$$

En introduisant la équ (5-2) à (5-5) dans (5-1), on obtient.

$$\log S_f = \log \left[0,954 \left(\frac{S_e}{0,954} \right)^{\frac{\log N - 3}{3}} \right] \quad (5-6)$$

Donc : $S_f = 0,954 \left(\frac{S_e}{0,954} \right)^{\frac{1}{3} (\log N - 3)} \quad (5-7)$

L'équation de la ligne AB de la figure (4-8) peut aussi s'écrire sous la forme :

$$x = \frac{y}{m} - \frac{b}{m} \quad (5-8) \quad (5-8)$$

En introduisant (5-2) à (5-5) dans (5-8), on obtient.

$$\log N = 3 \left[1 + \log \left(\frac{S_f}{0,954} \right) \cdot \frac{1}{\log \left(\frac{S_e}{0,954} \right)} \right] \quad (5-9)$$

Donc : $N = 1000 \left(\frac{S_f}{0,954} \right)^{\frac{3}{\log(S_e/0,954)}} \quad (5-10)$

Valeurs approximatives des limites d'endurance:

des relations entre S_u (la limite à la rupture) et S_e' (la limite d'endurance).

1) Pour les aciers: $S_e' = 0,5 S_u$ pour $S_u \leq 1400 \text{ MPa}$

$S_e' = 700 \text{ MPa}$ pour $S_u > 1400 \text{ MPa}$

2) Fontes et aciers coulés: $S_e' = 0,40 S_u$

3) Alliages d'Aluminium et magnésium:

$S_e' = 0,40 S_u$ (forgé, laminé, extrudé, etc.)
pour $N = 5 \times 10^8$ cycles.

$S_e' = 0,30 S_u$ (coulé)

($S_u = 3,45 \text{ HB}$) : peut utiliser

Facteur affectant la limite d'endurance:

a $S_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_f S_e'$ / S_e' : la limite d'endurance de la pièce
 S_e' : limite d'endurance de l'éprouvette de l'essai de Moore.

K_a : facteur fini de surface, K_b : Facteur de grossur et pièce

K_c : " de fiabilité

K_d : Facteur de T

K_e : " relatif à la concentration de σ , K_f : Facteur des effets d'...

Cumul du Dommage (loi de Miner)

Facile à utiliser, Supposons que pour chaque cycle d'application d'une σ complètement renversée σ_i , un dommage $\frac{1}{N_i}$ soit accumulé, où N_i est la vie de la pièce relative à une résistance à la fatigue $S_i = \sigma_i$.
 Pour n_i applications de la σ_i , le dommage est donc $\frac{n_i}{N_i}$.
 Pour un spectre de contraintes $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_j$ appliquées respectivement $n_1, n_2, \dots, n_j$ fois, la rupture est atteinte lorsque $\sum_{i=1}^j \frac{n_i}{N_i} = 1$
 donc $n = \sum_{i=1}^j n_i$

$n_1, n_2, \dots, n_j$ fois, le cumul de dommage est donc:

$$\sum_{i=1}^j \frac{n_i}{N_i} \quad (5-12)$$

et la rupture se produit lorsqu'on atteint l'unité, c'est à dire

$$\sum_{i=1}^j \frac{n_i}{N_i} = 1 \quad (5-13)$$

la somme $n = \sum_{i=1}^j n_i \quad (5-14)$

représente la vie totale de la pièce exprimée en nombre de cycles

Exemple Une pièce d'acier ayant une limite ultime S_{ut} en traction de 555 MPa et une limite d'endurance S_e de 25 MPa sera soumise au programme suivant de contraintes de flexion complètement renversées:

- 1 - 20000 cycles à 200 MPa
- 2 - 8000 cycles à 140 MPa.

Combien de cycles pourra-t-elle supporter à un niveau de σ_{app} en utilisant la loi de Miner.

Solution:

L'équation: $(5-10) \frac{3}{\log(S_e/0.95S_e)} \quad i=1, 2, 3$

$$N = 10000 \left(\frac{\sigma_i}{0.95S_e} \right)^{\frac{3}{\log(S_e/0.95S_e)}}$$

$$\sigma_1 = 200 \text{ MPa} \Rightarrow N_1 = 28000 \text{ cycles}$$

$$\sigma_2 = 140 \text{ MPa} \Rightarrow N_2 = 103000 \text{ cycles}$$

$$\sigma_3 = 50 \text{ MPa} \Rightarrow N_3 = \text{vie infinie}$$

$$n_1 = 20000 \text{ cycle}, \quad n_2 = 8000 \text{ cycle}$$

L'équation (5-12) donne

$$\sum_{i=1}^2 \frac{n_i}{N_i} = \frac{20000}{28000} + \frac{8000}{103000} = 0.79 < 1.00$$

La Manson Modifiée.

Cette théorie prédit la ^{une vie} vie infinie, pour $\sigma_3 = 50 \text{ MPa}$

Solution:

L'équation: $(5-10) \frac{3}{\log(S_e/0.9S_u)}$ $i=1, 2, 3$

$$N = 10000 \left(\frac{\sigma_i}{0.9S_u} \right)^{\frac{3}{\log(S_e/0.9S_u)}}$$

$$\sigma_1 = 200 \text{ MPa} \Rightarrow N_1 = 28000 \text{ cycles}$$

$$\sigma_2 = 140 \text{ MPa} \Rightarrow N_2 = 103000 \text{ cycles}$$

$$\sigma_3 = 50 \text{ MPa} \Rightarrow N_3 = \text{vie infinie}$$

$$n_1 = 20000 \text{ cycle}, \quad n_2 = 8000 \text{ cycle}$$

L'équ (5-12) donne

$$\sum_{i=1}^2 \frac{n_i}{N_i} = \frac{20000}{28000} + \frac{8000}{103000} = 0.79 < 1.00$$

Théorie de Manson Modifiée.

Cette théorie prédit la ^{une vie} vie infinie, pour $\sigma_3 = 50 \text{ MPa}$