A kifáradási élettartam meghatározása

(segédlet a Szerkezetfárasztás tantárgyhoz)

Készítette:

Dóra Sándor

tudományos segédmunkatárs

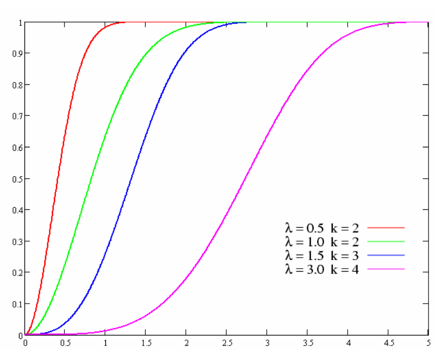
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Közlekedésmérnöki Kar
Járműváz- és Könnyűszerkezetek Tanszék

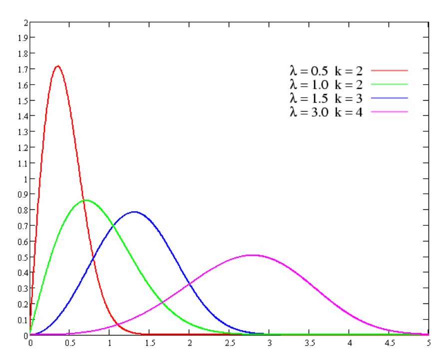
Weibull eloszlás

Eloszlásfüggvény (2-paraméteres):

$$P(N) = 1 - e^{-\left(\frac{N}{\beta}\right)^{\alpha}}$$

Az eloszlás- és sűrűségfüggvény grafikonja (Wikipedia):

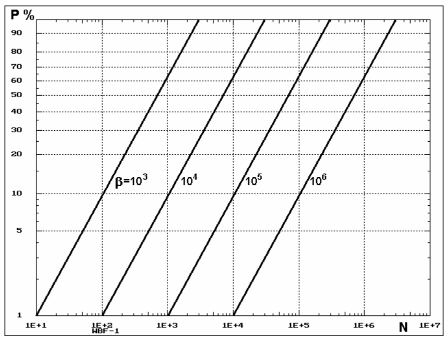




Weibull eloszlás

Eloszlásfüggvény (2-paraméteres): $P(N) = 1 - e^{-\left(\frac{N}{\beta}\right)^{\alpha}}$ $\quad \frac{1}{1-P(N)} = e^{\left(\frac{N}{\beta}\right)^{\alpha}}$

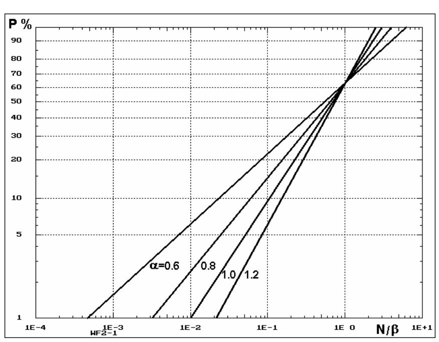
Linearizálás: $x = \ln N$ $\quad y = \ln\ln\frac{1}{1-P}$ $\quad y = ax + b$ $\quad a = \alpha$ $\quad b = -\alpha \ln\beta$



Weibull eloszlás

Eloszlásfüggvény (2-paraméteres): $P(N) = 1 - e^{-\left(\frac{N}{\beta}\right)^{\alpha}}$ $\quad \frac{1}{1-P(N)} = e^{\left(\frac{N}{\beta}\right)^{\alpha}}$

Linearizálás: $x = \ln\frac{N}{\beta}$ $\quad y = \ln\ln\frac{1}{1-P}$ $\quad y = ax$ $\quad a = \alpha$



Weibull eloszlás

Három-paraméteres alak:

$$P(N) = 1 - e^{-\left(\frac{N-N_0}{\beta}\right)^{\alpha}} \qquad \frac{1}{1-P(N)} = e^{\left(\frac{N-N_0}{\beta}\right)^{\alpha}}$$

$$\varepsilon = \frac{N_0}{\beta}$$

$$P(N) = 1 - e^{-\left(\frac{N}{\beta}-\varepsilon\right)^{\alpha}} \qquad \frac{1}{1-P(N)} = e^{\left(\frac{N}{\beta}-\varepsilon\right)^{\alpha}}$$

Linearizálás:

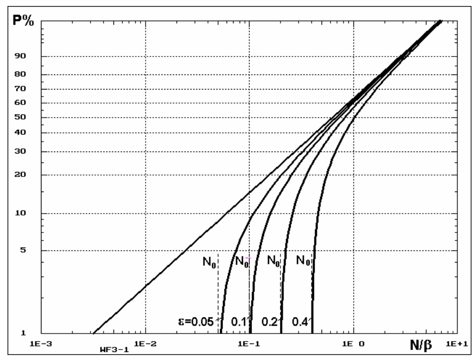
$$x = \ln(N - N_0)$$

$$y = \ln\ln\frac{1}{1-P}$$

$$x = ay + b$$

$$a = \frac{1}{\alpha}$$

$$b = \ln\beta$$



Besorolás

Egyenletes eloszlás: $P_i = \frac{i}{j+1}$

Gauss eloszlás: $P_i = \frac{i-0{,}5}{j}$

További javaslat: $P_i = \frac{i-0{,}3}{j+0{,}4}$

Általános eset (Median rank):

$$\sum_{k=0}^{i-1} \binom{j}{k} P_i^k (1-P_i)^{1-k} = 0{,}5$$

Megjegyzés: tetszőleges eloszlású valószínűségi változó előállítása egyenletes eloszlásból

$$\eta(\omega) = F_{\eta}^{-1}(\xi(\omega)) \qquad \xi(\omega) \sim E(0,1)$$

Eloszlásfüggvény illesztése

Általános megfogalmazás:

$y = F(x, a_1, ..., a_n)$

$H = hibafüggvény$

$H = \min!$

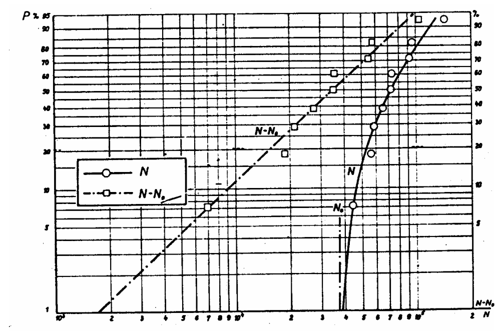
$$\frac{\partial H}{\partial a_1} = 0$$

$$\frac{\partial H}{\partial a_n} = 0$$

Weibull függvény esetén:

$x = ay + b$

$$\Delta_j = \sqrt{\frac{j-n}{j} \sum_{i=1}^{j} \frac{N(P_i) - N_i}{N(P_i)}}$$



Technológiai kísérletek értékelése

Két-paraméteres szóráskép:

$P = P(x, N)$

$N = N(x, P)$

Felírás szorzat alakban:

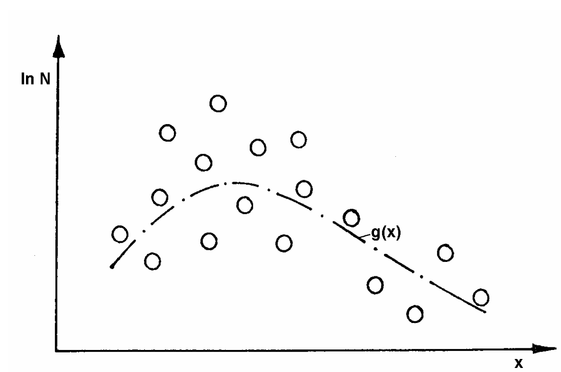
$N = f(x) N(P)$

$N = e^{g(x)} N(P)$

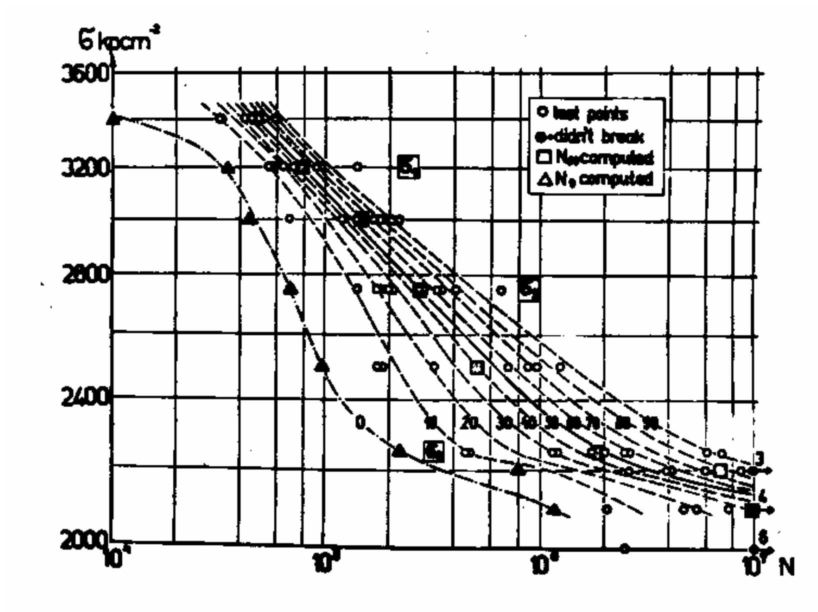
$\ln N = g(x) + \ln N(P)$

Súlyozott élettertam:

$$N(P) = \frac{N}{f(x)} = \frac{N}{e^{g(x)}}$$



Wöhler-görbe



Károsodás-halmozódás

Egy ciklus által okozott károsodás: $d(\sigma)$

n ciklus által okozott károsodás: $D_i = n_i \cdot d(\sigma_i)$

Összes károsodás: $D = \sum_{(i)} D_i = \sum_{(i)} n_i \cdot d(\sigma_i)$

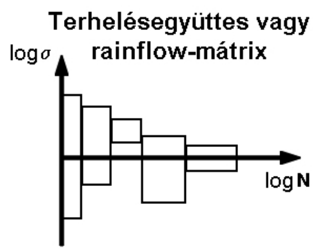
Törést okozó ciklusszám: $N_i \cdot d(\sigma_i) = 1$

$$d(\sigma_i) = \frac{1}{N_i} \longrightarrow D_i = \frac{n_i}{N_i}$$

Palmgren-Miner (lineáris) károsodás-halmozódási elv: $D = \sum_{(i)} \frac{n_i}{N_i}$

Terhelésegyüttes alkalmazása

Terhelésegyüttes:



$(n, \sigma_k, \sigma_a)_i$

Wöhler-görbe: $N(\sigma_a)$

Középfeszültség figyelembevétele: $N(\sigma_k, \sigma_a)$

Károsodás az i. blokkban: $D_i = \dfrac{n_i}{N(\sigma_{k,i}, \sigma_{a,i})}$

Repedésterjedés

Feszültségintezitási tényező:

$K = \sigma\sqrt{a\pi}\varphi$

Feszültségingadozás:

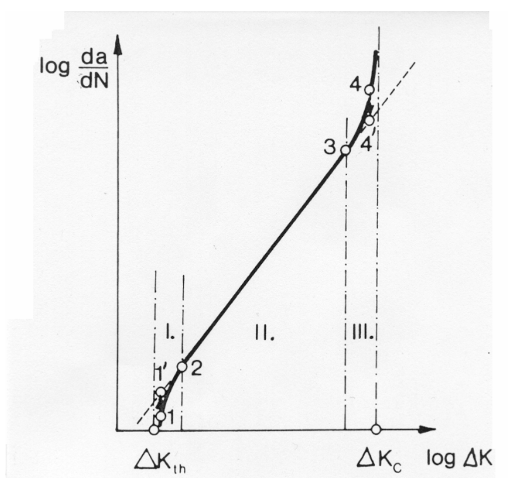
$\Delta K = K_{\max} - K_{\min}$

Repedésterjedési sebesség:

$$\frac{da}{dN} = f(\Delta K)$$

$$\frac{da}{dN} = C_P(\Delta K)^n$$

$$\Delta K_c = (1-R)K_c$$

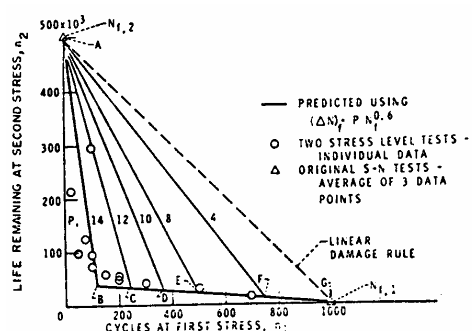


Kettős linearis károsodáshalmozódási elv

$n_1 < N_{01}$

$D_{01} = \frac{n_1}{N_{01}}$

$\sigma_1 > \sigma_2$



$$n_2 = N_{02}\left(1 - \frac{n_1}{N_{01}}\right) + \Delta N_2$$

$$n_2 = -\left(\frac{N_{02}}{N_{01}}\right) n_1 + \left(N_{02} + \Delta N_2\right)$$

$$n_2 = N_2 - \frac{N_{02}}{N_{01}} n_1$$

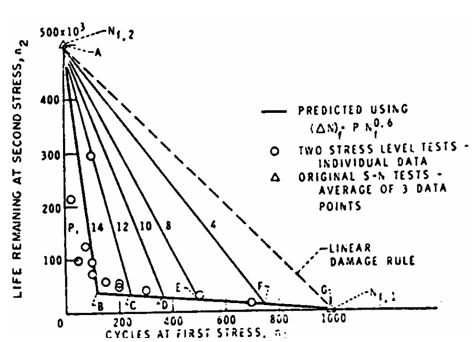
$$x_2 = 1 - \frac{1}{N_2}\frac{N_{02}}{N_{01}} n_1$$

Kettős linearis károsodáshalmozódási elv

$n_1 > N_{01}$

$\Delta D_1 = \frac{n_1 - N_{01}}{\Delta N_1}$

$\sigma_1 > \sigma_2$



$$n_2 = \Delta N_2\left(1 - \frac{n_1 - N_{01}}{\Delta N_1}\right)$$

$$n_1 = -\left(\frac{\Delta N_1}{\Delta N_2}\right) n_2 + \left(N_{01} + \Delta N_1\right)$$

$$n_1 = N_1 - \frac{\Delta N_2}{\Delta N_1} n_2$$

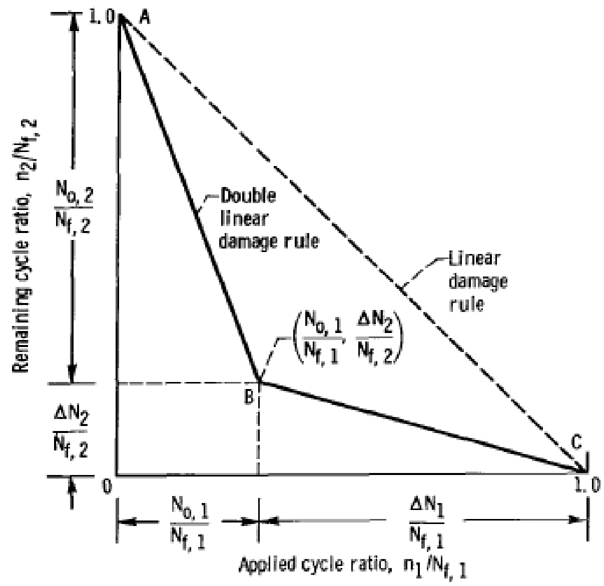
$$x_1 = 1 - \frac{1}{N_1}\frac{\Delta N_2}{\Delta N_1} n_2$$

Kettős linearis károsodáshalmozódási elv

$n_1 = N_{01}$

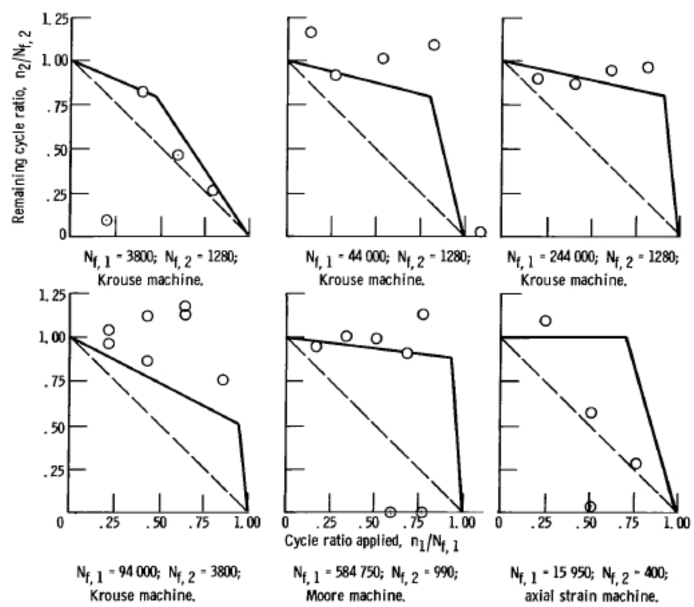
$n_2 = \Delta N_2$

$\sigma_1 > \sigma_2$

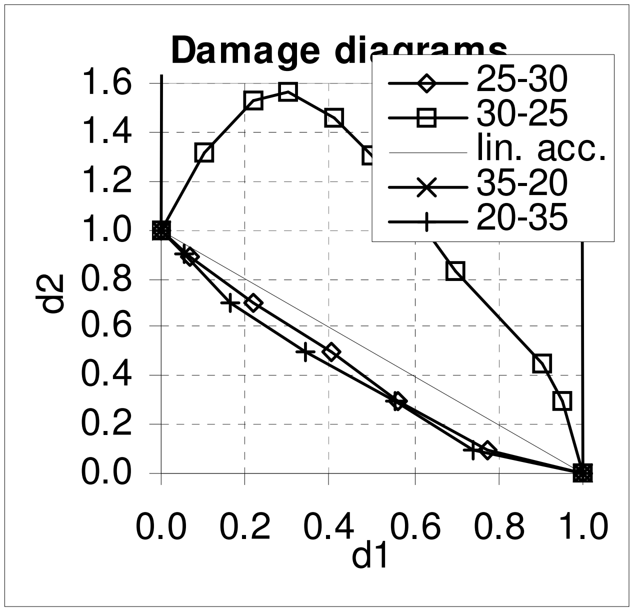


Kettős linearis károsodáshalmozódási elv

$\sigma_1 < \sigma_2$



Kettős linearis károsodáshalmozódási elv



Irodalom

Blumenauer, H. – Pusch, G.: Technische Bruchmechanik, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1982

Blumenauer, H. – Pusch, G.: Műszaki törésmechanika, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987

Broek, D.: The Practical Use of Fracture Mechanics, Kluwer Academic Publishers, Dordecht, 1989

Csizmazia, Á – **Czoboly, E.**: Determination of Plastic Zones in Compact Specimens of Aluminium, Theoretical and Applied Fracture Mechanics, vol. 8. pp. 11-19, 1987

Klesnil, M. – Lukas, P.: Fatigue of Metallic Materials, Elsevier, Amsterdam, 1980