

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA FAKULTA STROJNÍ



ÚNAVA MATERIÁLU

Stanovení bezpečnosti vůči mezi únavy při kombinovaném namáhání

Ing. Martin Fusek, Ph.D.

Dr. Ing. Adámková Ludmila

Ostrava 2013

© Ing. Martin Fusek, Ph.D., Dr. Ing. Adámková Ludmila

© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

ISBN 978-80-248-3024-7



Tento studijní materiál vznikl za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu: CZ.1.07/2.2.00/15.0463, MODERNIZACE VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ A DIDAKTICKÝCH METOD

OBSAH

12 STANOVENÍ BEZPEČNOSTI VŮČI MEZI ÚNAVY PŘI KOMBINOVANÉM NAMÁHÁNÍ.....	3
12.1 Stanovení bezpečnosti vůči mezi únavy	4
12.2 Řešené příklady	5
12.3 Příklady k procvičení.....	6
12.4 Literatura.....	7



12 STANOVENÍ BEZPEČNOSTI VŮČI MEZI ÚNAVY PŘI KOMBINOVANÉM NAMÁHÁNÍ



OBSAH KAPITOLY:

Stanovení bezpečnosti vůči mezi únavy při kombinovaném namáhání ohybem a krutem.



MOTIVACE:

K nejčastějším případům víceosé napjatosti, vyskytující se v technické praxi patří kombinace ohybu a krutu, respektive tahu a krutu. Stanovením bezpečnosti vůči mezi únavy při kombinovaném namáhání se zabývá následující přednáška a cvičení.



Audio 12.1 Úvod



CÍL:

Stanovení bezpečnosti vůči mezi únavy při kombinovaném namáhání ohybem a krutem

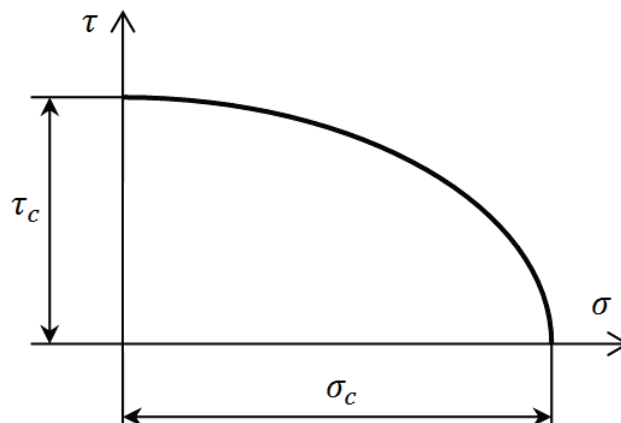


12.1 STANOVENÍ BEZPEČNOSTI VŮČI MEZI ÚNAVY

Působí-li maximální napětí od jednotlivých druhů namáhání ve stejném místě a vždy současně, platí pro redukované napětí vztah

$$\sigma_{red}^2 = \sigma_a^2 + k\tau_a^2 \quad (12.1)$$

kde $k = 3$ pro hypotézu HMH a $k = 4$ pro hypotézu Guestovu. Dělíme-li tuto rovnici kvadrátem meze únavy $\sigma_c^2 = k\tau_c^2$, dostaneme pro mezní čáru (obr.1), pro kterou je $\sigma_{red} = \sigma_c$, vztah



Obrázek 1

$$\left(\frac{\sigma_a}{\sigma_c}\right)^2 + \left(\frac{\tau_a}{\tau_c}\right)^2 = 1 \quad (12.2)$$

Jiný empirický vztah je vztah navržený Goughem

$$\left(\frac{\tau_a}{\tau_c}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_a}{\sigma_c}\right)^2 \left(\frac{\sigma_c}{\tau_c} - 1\right) + \frac{\sigma_a}{\sigma_c} \left(2 - \frac{\sigma_c}{\tau_c}\right) = 1 \quad (12.3)$$

kde poměr veličin σ_c/τ_c je uveden v následující tabulce (1).

Materiál	σ_c/τ_c
Šedá litina	0.9-1.3
Hladké ocelové vzorky	1.5-2.0
Ocelové tyče s vruby	1-1.5

Tabulka 1

V případě Guestovy hypotézy je $\frac{\sigma_c}{\tau_c} = 2$ a rovnice (12.3) přejde v rovnici (12.2).

Při kombinovaném namáhání ohybem a krutem je součinitel bezpečnosti vůči mezi únavy definován následovně:

$$k_c = \frac{\sigma_c}{\sigma_{red}}. \quad (12.4)$$

Z rovnice (12.2) dostaneme

$$\frac{1}{k_c^2} = \left(\frac{\sigma_a}{\sigma_c}\right)^2 + \left(\frac{\tau_a}{\tau_c}\right)^2 \quad (12.5)$$

Dosadíme-li jednotlivé součinitele bezpečnosti

$$k_\sigma = \frac{\sigma_c}{\sigma_a}; \quad k_\tau = \frac{\tau_c}{\tau_a} \quad (12.6)$$

po dosazení obdržíme

$$k_c = \frac{k_\sigma k_\tau}{\sqrt{k_\sigma^2 + k_\tau^2}} \quad (12.7)$$

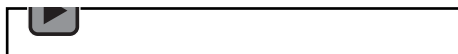
K zapamatování:

- V případě kombinovaného namáhání je nutno určit redukované napětí podle některé teorie pevnosti.



- Součinitel bezpečnosti definován jako podíl meze únavy k redukovanému napětí.

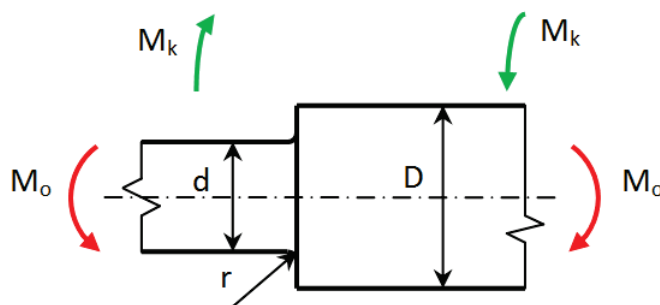
Audio 12.2 K zapamatování



12.2 ŘEŠENÉ PŘÍKLADY

Příklad 1

Válec z oceli na odlitky je namáhán ohybem a krutem při soufázovém symetrickém střídavém cyklu. Určete součinitel bezpečnosti vůči mezi únavy, jestliže je dáno:



Obrázek 1

Rozměry hřídele: $D = 700 \text{ mm}$, $d = 450 \text{ mm}$, $r = 100 \text{ mm}$.

Zatížení: $M_o = 250 \text{ kNm}$, $M_k = 300 \text{ kNm}$.

Materiálové hodnoty: mez pevnosti $R_m = 500 \text{ MPa}$; meze únavy leštěných vzorků v ohybu a krutu $\sigma_{co(10)} = 224 \text{ MPa}$, $\tau_{c(10)} = 154 \text{ MPa}$.

Součinitelé jakosti povrchu: $\eta_p = 0.9$, $\eta_{pk} = \frac{1+\eta_p}{2} = 0.95$.

Součinitel velikosti součástí je roven:

$$v = 1 - \sqrt{0.02 \ln \frac{D}{d}} = 1 - \sqrt{0.02 \ln \frac{700}{450}} = 0.724$$

Součinitelé gradientů napětí určíme z obrázku 3 – kapitola 8.

$$v_{go(10)} = 1.37, v_{go(45)} = 1.07, v_{gk(10)} = 1.20, v_{gk(45)} = 1.03.$$

Meze únavy hladké součásti:

- v ohybu

$$\sigma_c^{\times} = \sigma_{co(10)} v \frac{v_{go(45)}}{v_{go(10)}} \eta_p = 224 \times 0.724 \times \frac{1.07}{1.37} \times 0.9 = 114 \text{ MPa}$$

- v krutu

$$\tau_c^{\times} = \tau_{c(10)} v \frac{v_{gk(45)}}{v_{gk(10)}} \eta_p = 154 \times 0.724 \times \frac{1.03}{1.2} \times 0.9 = 86.1 \text{ MPa}$$

Součinitelé vruby:

$$\beta_o \cong \alpha_o = f\left(\frac{r}{d}; \frac{D}{d}\right) = f\left(\frac{100}{450}; \frac{700}{450}\right) = 2.7$$

$$\beta_k \cong \alpha_k = f\left(\frac{r}{d}; \frac{D}{d}\right) = f\left(\frac{100}{450}; \frac{700}{450}\right) = 2.2.$$

Meze únavy částí s vruby:

$$\sigma_c^* = \frac{\sigma_c^{\times}}{\beta_o} = \frac{114}{2.7} = 42.2 \text{ MPa}$$



$$\tau_c^* = \frac{\tau_c^x}{\beta_k} = \frac{86.1}{2.2} = 39.1 \text{ MPa}.$$

Výpočtová napětí:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{32M_o}{\pi d^3} = \frac{32 \times 250 \times 10^6}{\pi \times 450^3} = 28 \text{ MPa}$$

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} = \frac{16M_k}{\pi d^3} = \frac{16 \times 300 \times 10^6}{\pi \times 450^3} = 16.8 \text{ MPa}$$

Dílčí bezpečnosti:

$$k_\sigma = \frac{\sigma_c^*}{\sigma_o} = \frac{42.2}{28} = 1.5$$

$$k_\tau = \frac{\tau_c^*}{\tau_k} = \frac{39.1}{16.8} = 2.32$$

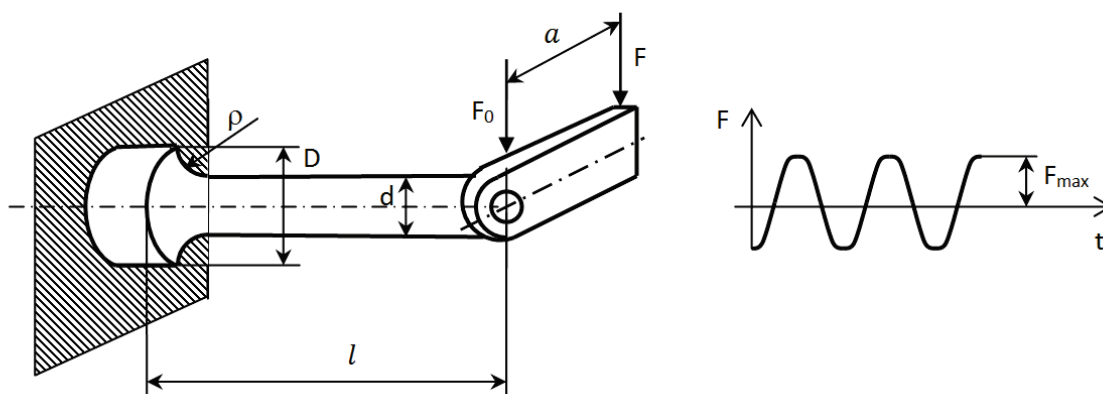
Celková bezpečnost vůči mezi únavy

$$k_c = \frac{k_\sigma k_\tau}{\sqrt{k_\sigma^2 + k_\tau^2}} = \frac{1.5 \times 2.32}{\sqrt{1.5^2 + 2.32^2}} = 1.26$$

12.3 PŘÍKLADY K PROCVIČENÍ

Příklad 1

Strojní součást je zatížena podle obrázku 2 konstantní silou F_0 a proměnlivou silou F . Stanovte bezpečnost vůči mezi únavy k_c , jestliže je dáno:



Obrázek 2

Rozměry součásti: $D = 80 \text{ mm}$, $d = 40 \text{ mm}$, $\rho = 2 \text{ mm}$, $a = 0.1 \text{ mm}$, $l = 0.4 \text{ m}$.

Zatížení: $F_0 = \text{konst.} = 160 \text{ N}$, $F_{\max} = 500 \text{ N}$. Součinitel nesymetrie cyklu $R = -1$.

Materiálové hodnoty: $R_m = 600 \text{ MPa}$, $R_e = 320 \text{ MPa}$, $\sigma_{c0}(40) = 250 \text{ MPa}$, $\tau_c(40) = 150 \text{ MPa}$.

Povrch součásti je hrubován.

Výsledek: $k_c = 2.4$.



12.4 LITERATURA

- [1] Kučera,J. *Úvod do mechaniky lomu.Únava materiálu* . VŠB-TU Ostrava,1994. 80s. Skriptum. ISBN 80-7078-244-7.
- [2] Tore Dahlberg, Anders Ekberg. *Failure Fracture Fatigue. An Introduction*. Sweden 2009. ISBN 978-91-44-02096-9. 360 p.
- [3] Hoschl,C. *Pružnost a pevnost ve strojnictví*. SNTL Praha 1971. 376 s.
- [4] Dowling,N.E. *Mechanical behavior of materials. Engineering Methods for Deformation, Fracture and fatigue*. Third edition. Pearson Prentice Hall,2007. ISBN 0-13-186312-6.
- [5] Vlk,M., Florian,Z. *Mezní stavy a spolehlivost*. Elektronický učební text. www.zam.fme.vutbr.cz/~vlk/meznistavy.pdf

