TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Nové možnosti rozvoje vzdělávání na Technické univerzitě v Liberci

Specifický cíl A2: Rozvoj v oblasti distanční výuky, online výuky a blended learning

NPO_TUL_MSMT-16598/2022

Stlačování vlákenného materiálu

Ing. Iva Mertová, Ph.D.

Financováno Evropskou unií
NextGenerationEU

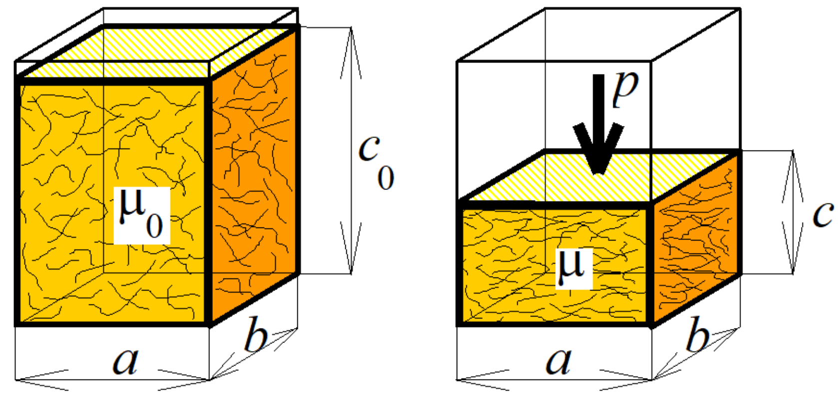
Národní plán obnovy

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Stlačování vlákenného materiálu

cvičení 13 navazuje na přednášku| Stlačování vlákenného materiálu

MODEL STLAČOVÁNÍ DLE C. M. VAN WYKA



Model – dokonale tuhá krabička
Jednodimenzionální deformace
zaplnění: počáteční…μ_0 , po stlačení…μ
tlak…p
deformace: $c_0 \rightarrow c$

Předpoklady:

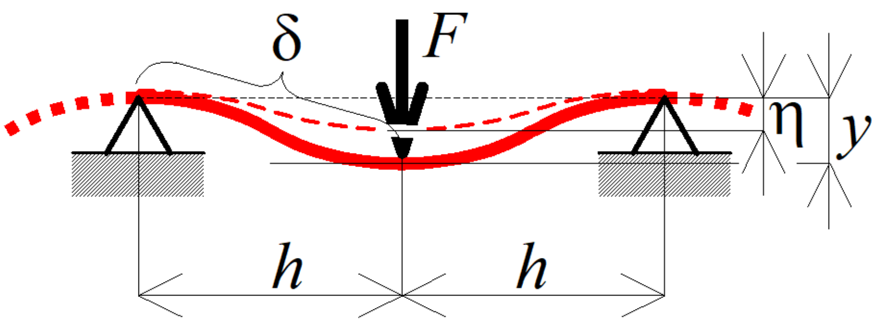
1) Stlačování způsobuje pouze ohybové deformace vláken
2) Vlákna ve vlákenném útvaru mají tvar pravidelně zatížených nosníků a platí pro ně rovnice odvozené z teorie nosníků

Vztah mezi působící silou a průhybem

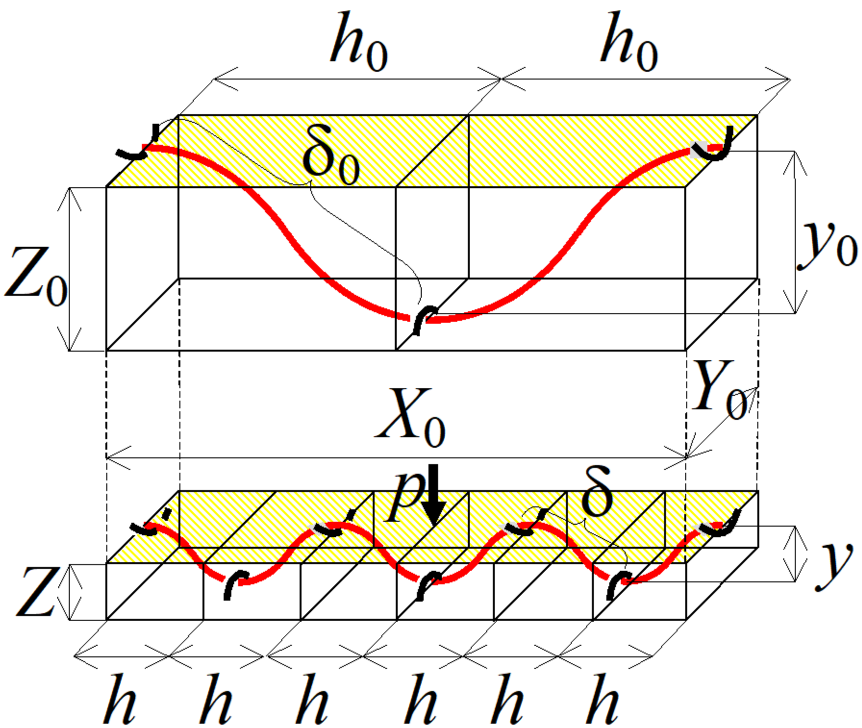
$$\boxed{F = k_F \, y / h^3}$$

Vztah pro výpočet délky ohybové čáry

$$\boxed{\delta = h \, f\left(y/h\right)}$$



3) Stlačováním vl. materiálu se hustota pravděpodobnosti směrového uspořádání významně nemění
4) Při stlačování se nemění objem a délka vláken
5) Délku ohybové čáry δ lze chápat jako střední délku vlákna mezi sousedními kontakty



Deformační energie

$$E = \left[k_F y_0^2 X_0 Y_0 Z_0 \big/ \left(h_0^3 \pi d^2 k_\delta \right) \right] \mu^2$$

Počáteční energie

$$E_0 = \left[k_F y_0^2 X_0 Y_0 Z_0 \big/ \left(h_0^3 \pi d^2 k_\delta \right) \right] \mu_0^2$$

Přírůstek energie

$$\Delta E = E - E_0 = \frac{k_F y_0^2 X_0 Y_0 Z_0}{h_0^3 \pi d^2 k_\delta} \left(\mu^2 - \mu_0^2 \right)$$

Vykonaná práce
Je přímo úměrná přírůstku deformační energie

$$A = X_0 Y_0 Z_0 \mu_0 \int_{\mu_0}^{\mu} \left[p^* \left(\mu^* \right) / \mu^{*2} \right] \mathrm{d}\mu^*$$

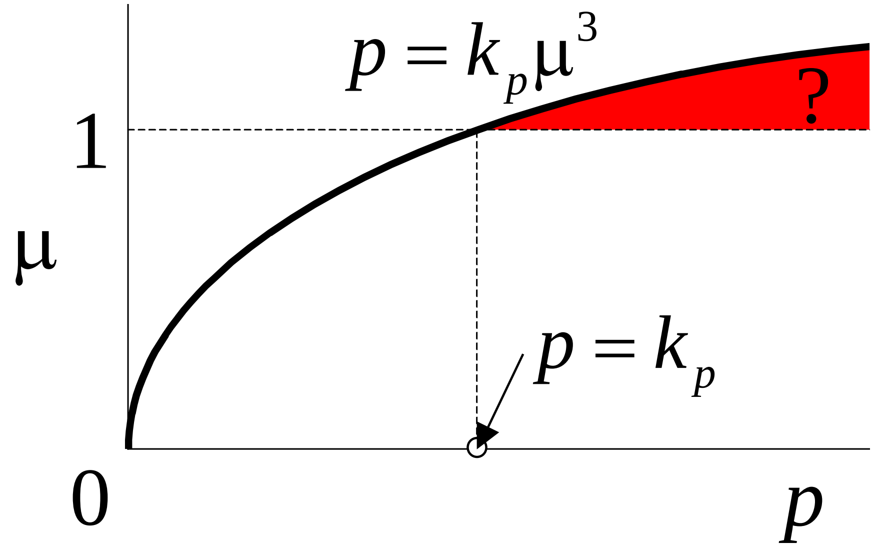
$$A = C\,\Delta E$$

ZÁVISLOST TLAKU NA ZAPLNĚNÍ

$$p = \frac{2Ck_F y_0^2}{h_0^3 \pi d^2 k_\delta \mu_0} \mu^3$$

$$k_p = \frac{2Ck_F y_0^2}{h_0^3 \pi d^2 k_\delta \mu_0}$$

$$\boxed{p = k_p \mu^3}$$



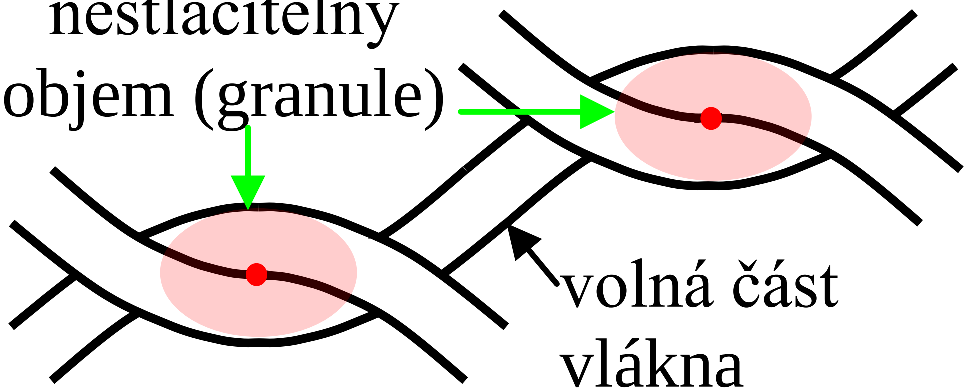
Problémy: 1. Velmi velké tlaky, $p > k_p$ je $\mu > 1$ (!?)
2. Velmi malé tlaky

(přibližně $\mu > 0.2$ nebo 0.3)

EMPIRICKÁ KOREKCE MODELU C. M. VAN WYKA

(Řešení problému velkých tlaků)

Idea: Vlákna se nestý-kají v kontaktním bodě, ale v kontaktní ploše. V jejím okolí vzniká dále již nestlačitelný objem, jakýsi „oblázek“ či **granule**.



V původní rovnici vyjádříme zaplnění poměrem objemu vláken *V* a celkového objemu V_c , tj. $\mu = V/V_c$.

$$p = k_p \mu^3 = \frac{V^3}{V_c^3}$$

…tlak *p* zmenšuje **celý** celkový objem V_c

tlak nemůže zmenšovat celkový objem granulí W_c !

Modifikace rovnice

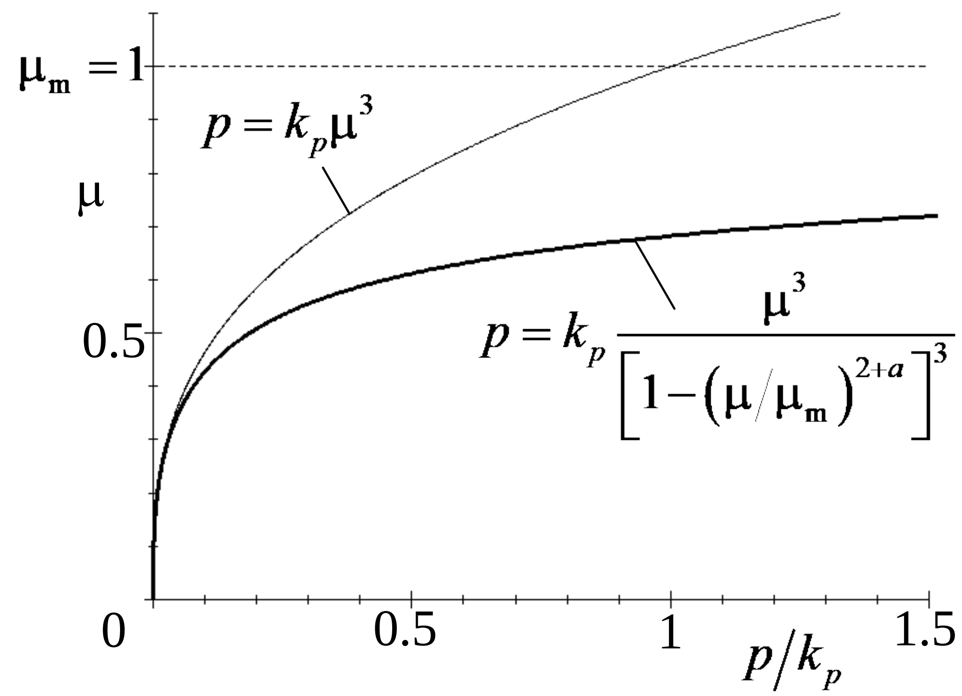
Výraz V_c-W_c označuje **deformabilní objem** vlákenné struktury

$$p = \frac{V^3}{\left(V_c - W_c\right)^3}$$

Předpoklad: I ve struktuře s menším zaplněním je uvnitř granule mezní zaplnění

$$W_c = V_c \left(\frac{\mu}{\mu_m}\right)^{2+a}$$

$$p = k_p \frac{\mu^3}{\left[1 - \left(\frac{\mu}{\mu_m}\right)^{2+a}\right]^3}$$



(Parametry: Obvykle $\mu_m \to 1, \quad a \doteq 1$)

Aproximace

1. Zvolíme hodnotu zaplnění μ^*, kolem které se pohybují hodnoty našich struktur. (Např. $\mu^* = 0,45$ pro běžné bavlnářské příze.)
2. Vypočteme následující koeficienty

$$\boxed{\begin{aligned} b &= 3\left[1+(1+a)\left(\mu^*/\mu_\mathrm{m}\right)^{2+a}\right]\Big/\left[1-\left(\mu^*/\mu_\mathrm{m}\right)^{2+a}\right], \\ c &= 1\Big/\left\{\left[1-\left(\mu^*/\mu_\mathrm{m}\right)^{2+a}\right]^3\left(\mu^*\right)^{b-3}\right\}, \end{aligned}}$$

3. Aproximační rovnice má pak tvar

$$\boxed{p = k_p c \mu^b}$$

Příklady

Příklad 1:

Určete aproximační vztah pro tlak v balíku bavlny, jehož zaplnění je **μ = 0,4 = μ***.

Je dáno: k_p = 15 Mpa, a = 1, μ_m = 1

$$p_{aprox} = k_p c \mu^b$$

$$b = 3\left[1+(1+a)\left(\mu^*/\mu_m\right)^{2+a}\right] \Big/ \left[1-\left(\mu^*/\mu_m\right)^{2+a}\right] = 3.61,$$

$$c = 1 \Big/ \left\{\left[1-\left(\mu^*/\mu_m\right)^{2+a}\right]^3 \left(\mu^*\right)^{b-3}\right\} = 2.14$$

$$p_{aprox} = 15 \cdot 2.14 \cdot \mu^{3.61} = 32.1 \cdot \mu^{3.61}$$