

### 3. Mezní stavy

Hlavní úkol Pružnosti – formulovat a řešit problémy závislosti mezi zatížením tělesa a jeho napjatostí a deformací.

Proč to děláme vyplyne až z druhé části názvu – Pevnost – výsledky analýz napjatosti a deformace využít pro predikci mezních stavů z hlediska deformace a porušování těles, případně zjištění příčiny porušení.

**Mezní stav** – zatěžovací stav tělesa, při němž se kvalitativně mění schopnost tělesa plnit některou z požadovaných funkcí, příp. těleso tuto schopnost zcela ztrácí.

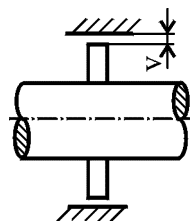
#### 3.1. Mezní stavy související s deformací tělesa

##### 3.1.1. Mezní stav deformace

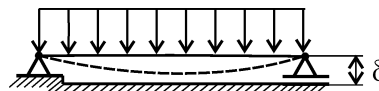
Sledovaná deformační charakteristika dosáhne mezní hodnoty (smluvně stanovené).

Příklad: lopatka turbíny:

- $u_r + \Delta l < v \rightarrow$  deformace funkčně přípustná,
- $u_r + \Delta l > v \rightarrow$  deformace funkčně nepřípustná,
- $u_r + \Delta l = v \rightarrow$  **mezní stav deformace.**



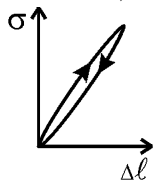
Příklad: průhyb nosníku:



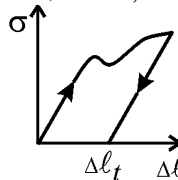
**Mezní stav deformace** tělesa – deformace funkčně přípustná se mění na funkčně nepřípustnou.

##### 3.1.2. Mezní stav pružnosti

**pružná** (vratná) deformace,

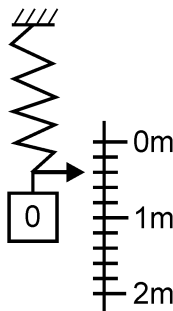
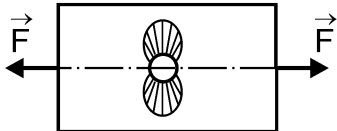


**plastická** (nevratná, trvalá) deformace.



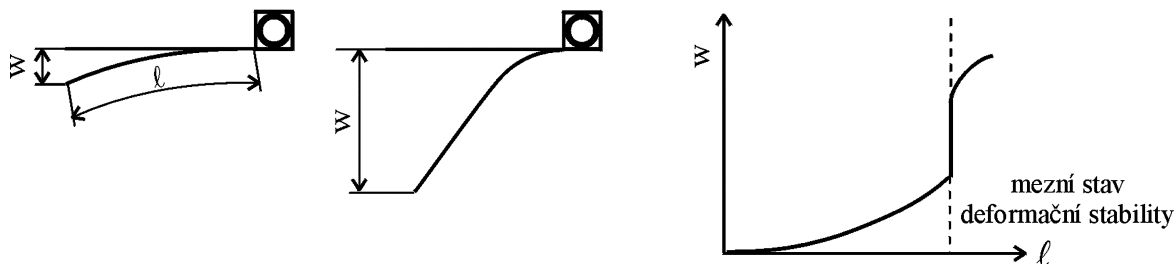
**Mezní stav pružnosti** (MSP) tělesa – stav, při jehož překročení vznikají v tělese zjištěitelné plastické deformace.

Dosažení MSP – je nutné vyřadit součást z provozu?



\*3.0 [PPI, 6 – 12]

### 3.1.3. Mezní stav deformační stability



**Mezní stav deformační stability** tělesa je stav, kdy geometrická konfigurace, která byla stabilní před dosažením mezního stavu, se po jeho překročení stává labilní a stabilní se stává jiná geometrická konfigurace tělesa.

**mezní stav vzpěrné stability**

## 3.2. Mezní stavy související s porušováním tělesa

### 3.2.1. Mezní stav porušení

**Mezní stav porušení tělesa** je takový zatěžovací stav tělesa, při kterém dojde k porušení spojitosti na hranici rozlišitelnosti.

Příklad: změny ve struktuře materiálu, mikroporuchy vlivem silového působení na těleso.

### 3.2.2. Mezní stav stability trhliny

**Mezní stav stability trhliny** je takový stav zatěžovaného tělesa s trhlinou, kdy šíření se mění ze stabilního, člověkem říditelného šíření, na nestabilní, člověkem neovlivnitelné šíření.

Příklad: zatěžování tělesa s trhlinou - trhlina roste, ale když přestaneme těleso zatěžovat, trhlina se zastaví. Ale při dosažení určité hranice zatížení (mezní stav stability trhliny) poroste trhlina, i když přestaneme těleso zatěžovat.

### 3.2.3. Mezní stav trhlin

**Mezní stav trhlin** je mezní stav zatěžovaného tělesa, při němž se porušení funkčně přípustné mění na funkčně nepřípustné při zachování celistvosti tělesa.

Příklad: tlaková nádoba s trhlinou ve stěně.

### 3.2.4. Mezní stav lomu

**Mezní stav lomu** je takový stav zatěžovaného tělesa, v němž z jednoho celistvého tělesa vzniká více samostatných těles.

### 3.3. Deformačně-pevnostní spolehlivost

**Spolehlivost** – schopnost konstrukce plnit požadované funkce za běžných i některých mimořádných podmínek a v různých etapách svého života.

#### Hodnocení spolehlivosti

- a) Slovní hodnocení – spíše intuitivní, u konstrukcí, kde nehrozí velké materiálové škody či škody na životech.
- b) Jednoduchá relace ve tvaru vztahu mezi veličinami  $\alpha$  (veličina charakterizující spolehlivost ve vyšetřovaném stavu) a  $\alpha_M$  (**mezní hodnota** této veličiny).  
 $\alpha \leq \alpha_M$  – vyhovující  
 $\alpha > \alpha_M$  – nevyhovující
- c) S ohledem na výpočtové, výrobní a materiálové nepřesnosti se v praxi vychází často z **hodnot dovolených**  $\alpha_D$ , které jsou stanoveny s jistou rezervou vůči mezní hodnotě  $\alpha_M$ .  
 $\alpha \leq \alpha_D$  – vyhovující  
 $\alpha > \alpha_D$  – nevyhovující
- d) Kvantifikace spolehlivosti číselnou veličinou zvanou **součinitel bezpečnosti**, zkráceně **bezpečnost**  $k_M$  vůči aktuálnímu meznímu stavu  
 $k_M = \frac{\alpha_M}{\alpha}$ ,  
 $k_M > 1$  – vyhovující.
- e) Pro různé typy konstrukcí a různé souvislosti je stanovena **dovolená bezpečnost**  $k_D$ , která je pro danou konstrukci přípustná.  
 $k_M \geq k_D$  – vyhovující  
 $k_M < k_D$  – nevyhovující.  
Konkrétní velikost  $k_D$  závisí na druhu mezního stavu a vychází z praktických zkušeností. Obvyklé hodnoty např. u mezního stavu pružnosti se pohybují v rozmezí 1,5 – 3.
- f) **Životnost** - doba, resp. počet zatěžovacích cyklů do vzniku mezního stavu  
 $t < t_f, N < N_f$  – vyhovující  
 $t \geq t_f, N \geq N_f$  – nevyhovující  
 $t, N$  – doba resp. počet cyklů požadované z důvodu správné funkce konstrukce  
 $t_f, N_f$  – doba resp. počet cyklů do vzniku mezního stavu (většinou lomu).
- g) Na nejvyšší úrovni je spolehlivost definována jako **pravděpodobnost**, že těleso (soustava) bude vykonávat definovanou funkci po danou dobu.

### 3.4. Typy úloh v Pružnosti a pevnosti

1. **Úlohy o kontrole (pevnostní kontrola).** Úloha je zadána úplně (známe geometrii tělesa, materiálové charakteristiky, silové působení, vazby k rámu). Úkolem je stanovit spolehlivost vůči potenciálním mezním stavům.
2. **Úlohy o určování parametrů (pevnostní návrh).** Úloha je zadána neúplně. Úkolem je určit nezadané parametry (často rozměry) tak, aby těleso či soustava plnily spolehlivě zadanou funkci a nenastal žádný z možných mezních stavů.
3. **Úlohy o optimalizaci.** Úloha je zadána neúplně. Úkolem je stanovit nezadané parametry tak, aby těleso či soustava plnily spolehlivě zadanou funkci bez vzniku mezního stavu a současně byla splněna optimalizační podmínka (typicky např. minimální hmotnost).