

# Složení

**Ocel** - slitina železa a dalších prvků - nejdůležitější je uhlík

- nekujná železa  $> 2,14\% \text{ C}$  (litina)

- kujná železa  $< 2,14\% \text{ C}$

**Konstrukční ocel obsahuje okolo  $0,2\% \text{ C}$**

Nežádoucí prvky: P, S,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$

Legující prvky: Mn, Si, Ni, Cr, W, Cu

# Vlastnosti fyzikální

- modul pružnosti v tahu a tlaku  $E = 210\,000 \text{ Mpa}$
- modul pružnosti ve smyku  $G = 81\,000 \text{ MPa}$
- součinitel příčné deformace  $\nu = 0,3$
- měrná hmotnost  $\gamma = 7\,850 \text{ kg/m}^2$

# Vlastnosti chemické

- korozivzdornost
- žáruvzdornost
- elektrochemický potenciál

# Vlastnosti technologické

- tvářitelnost
- obrobitelnost
- svařitelnost
- kalitelnost
- slévatelnost

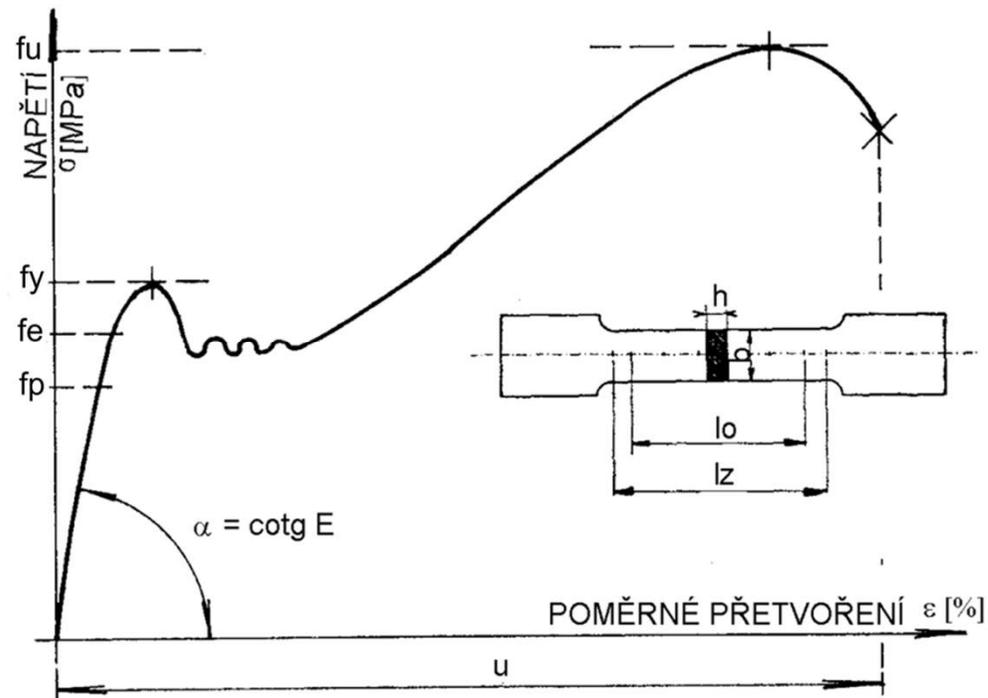
# Vlastnosti mechanické

- pro návrh konstrukce mají největší význam, určují se zkouškami za předepsaných podmínek na zkušebních zařízeních
- - pevnost v tahu, tlaku, smyku
- - mez kluzu
- - tažnost

# Zkoušení a pracovní diagram

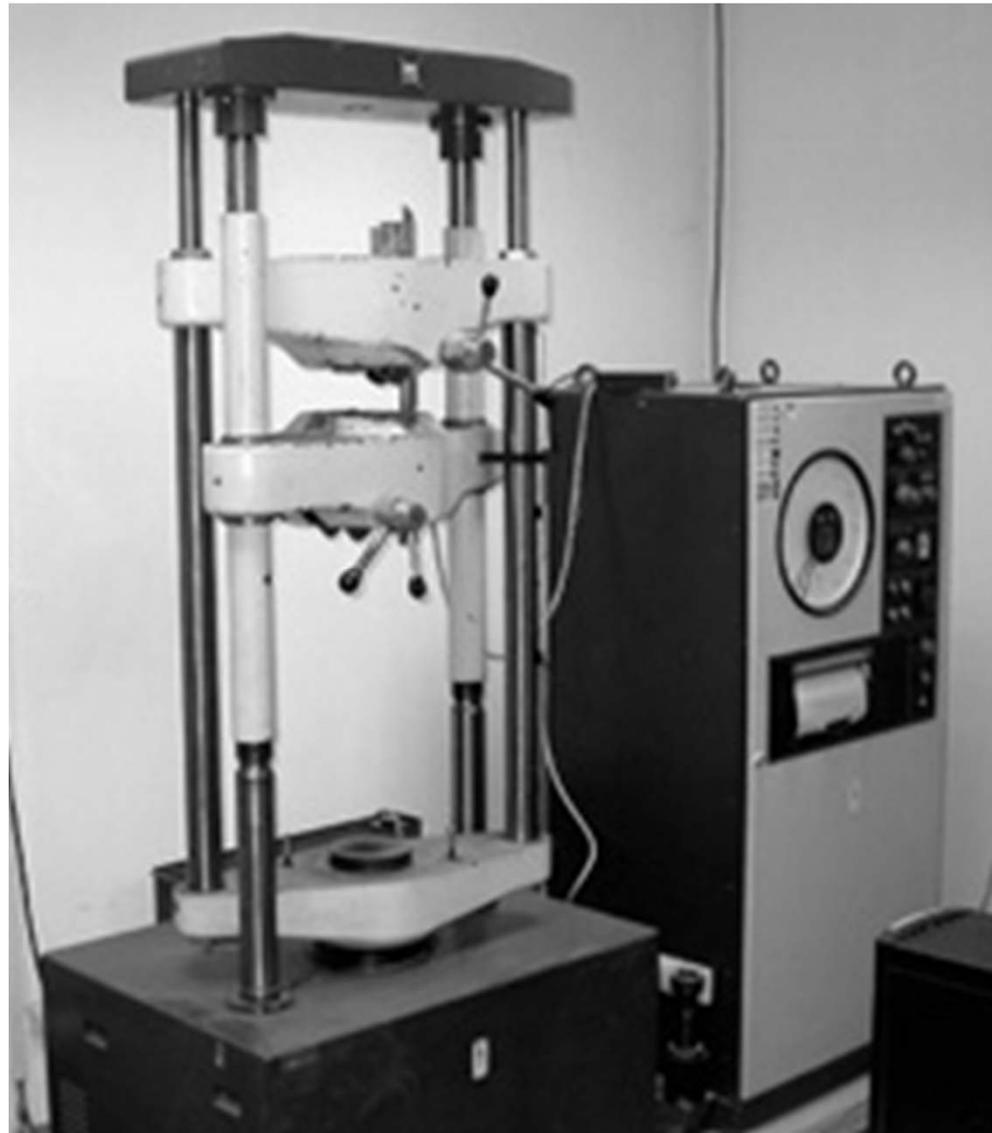
- **Zkouška tahem** - základní zkouška v lisu  
normalizovaný tvar, teplota, rychlost zatěžování

$f_p$  - mez úměrnosti  
 $f_e$  - mez pružnosti  
 $f_y$  - mez kluzu  
 $f_u$  - mez pevnosti  
 $E$  - modul pružnosti



**pracovní diagram**

# Zkoušení a pracovní diagram



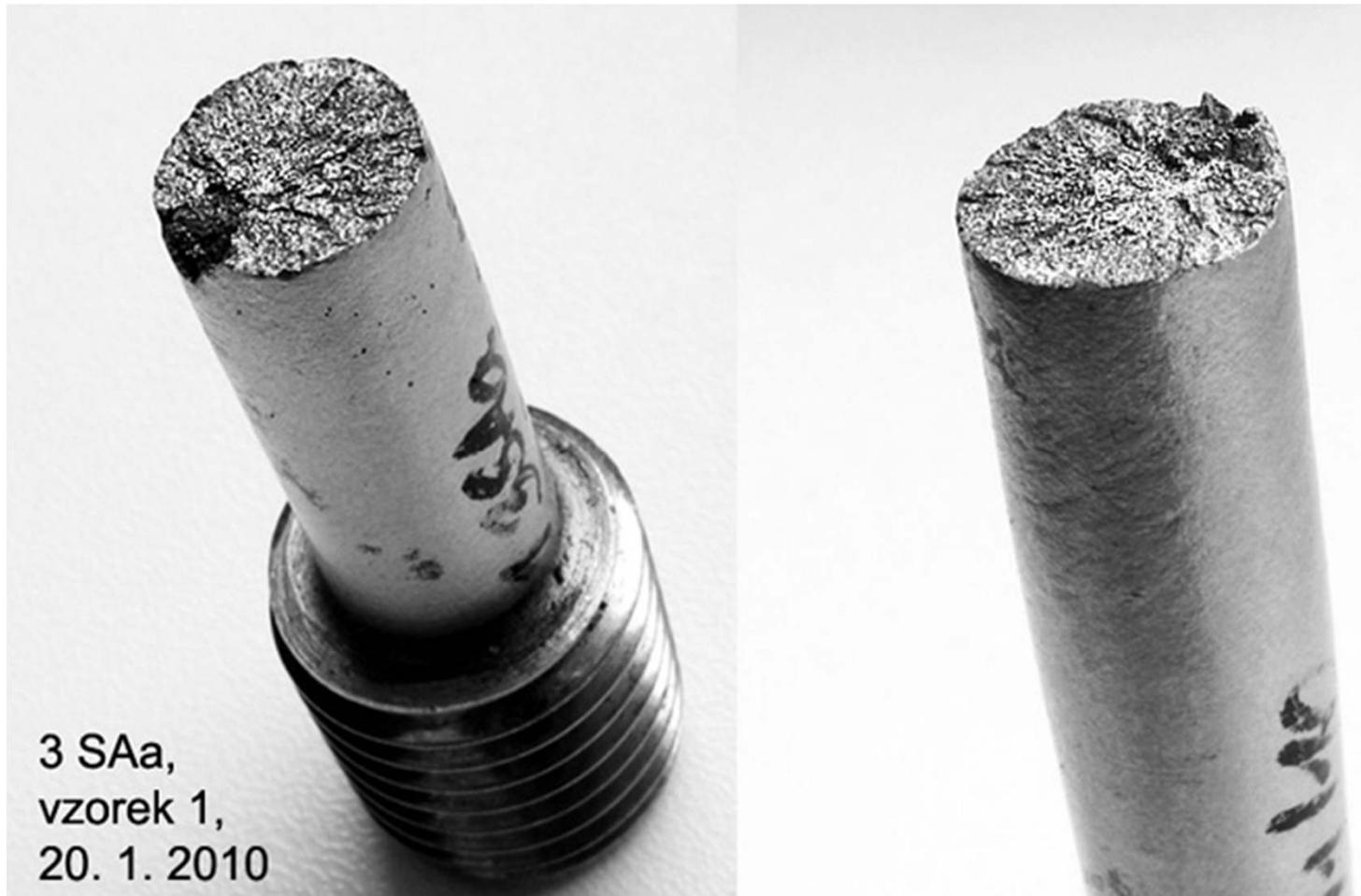
**Zkušební lis**

# Houževnatý lom



- **Lom houževnatý** - uplatní se plastické chování oceli

# Křehký lom

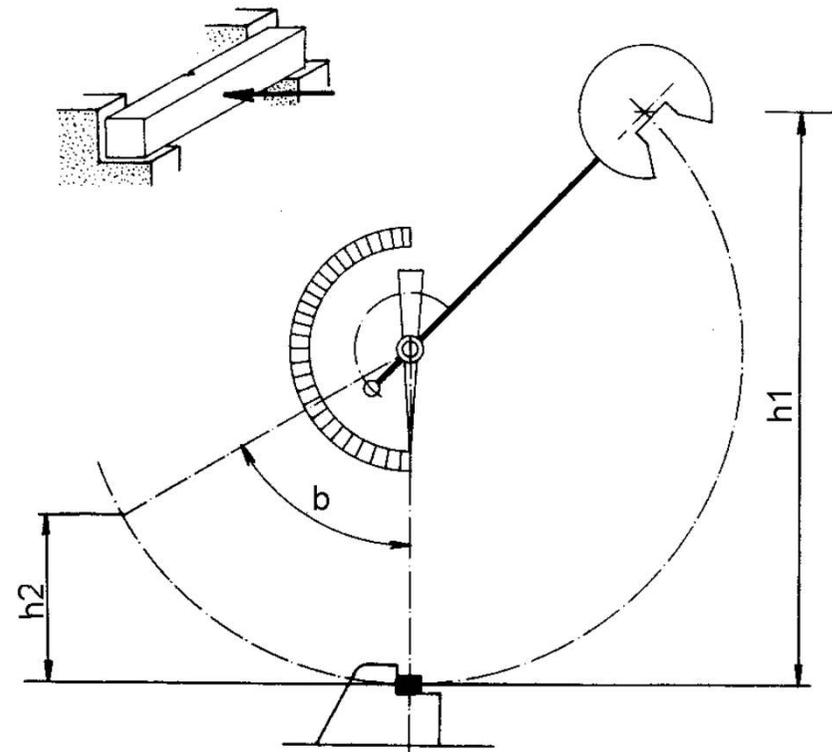


- **Lom křehký** - bez plastické deformace

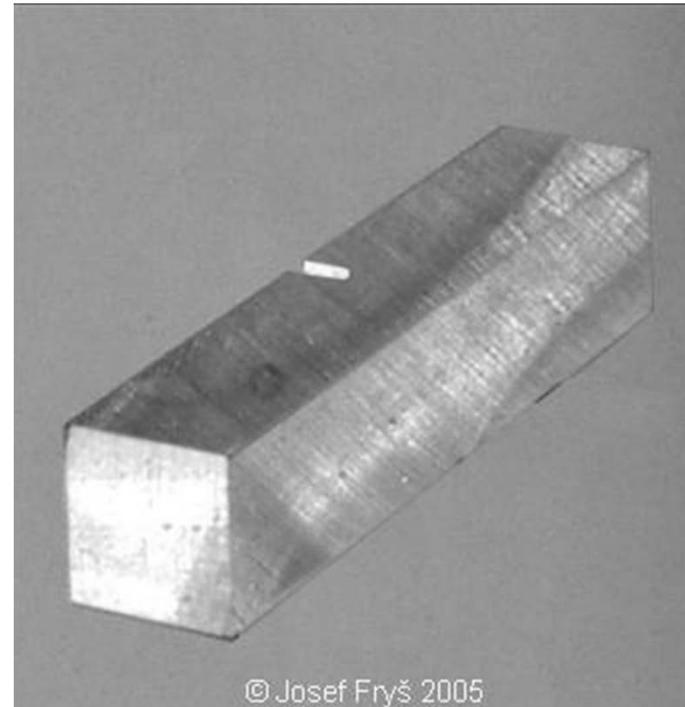
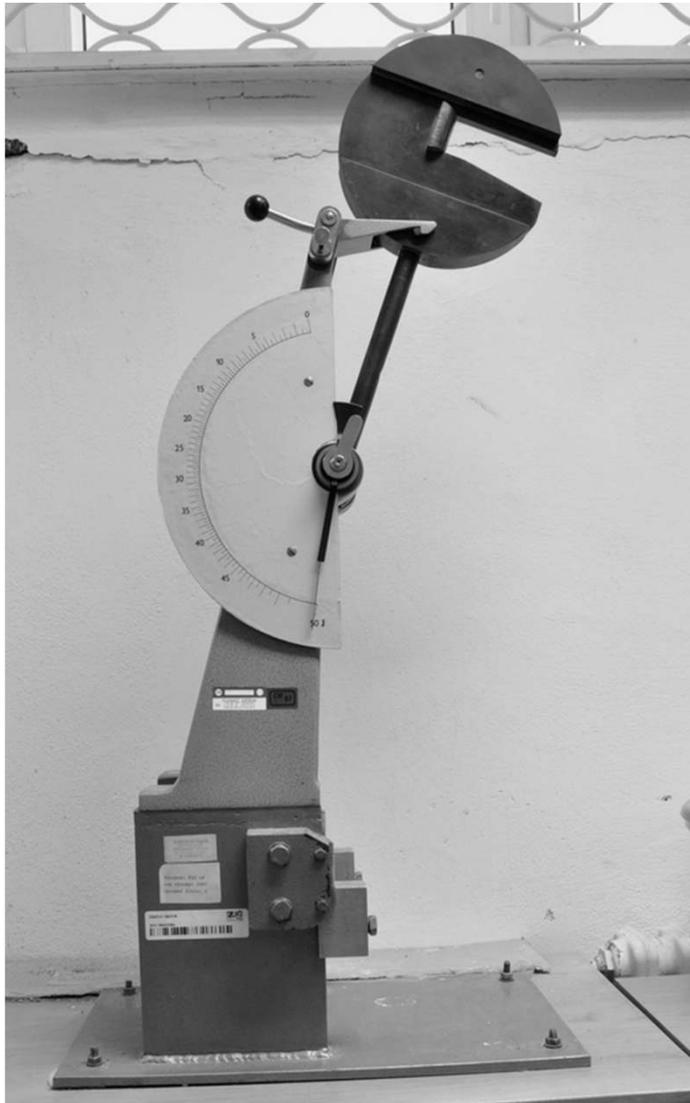
# Zkouška vrubové houževnatosti

- Lom houževnatý - uplatní se plastické chování oceli
- Lom křehký - bez plastické deformace

Charpyho kladivo  
množství práce na přeražení  
vzorku

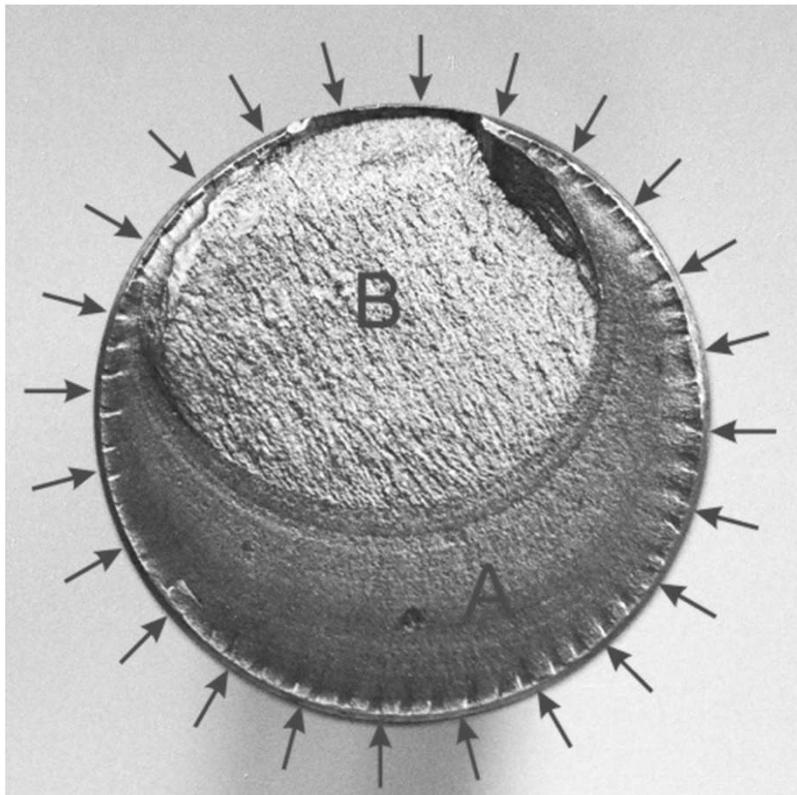


# Zkouška vrubové houževnatosti



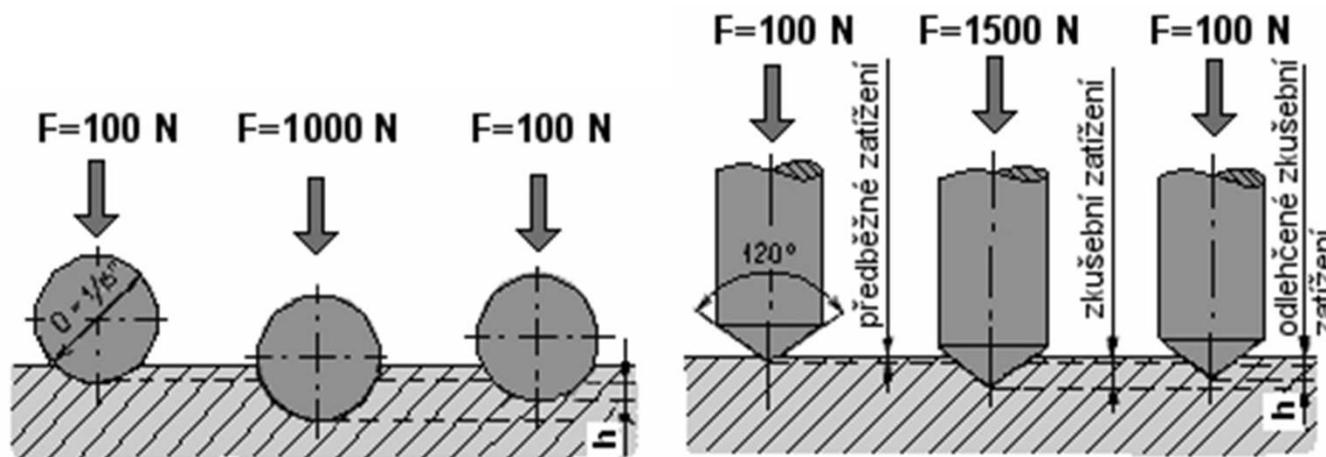
# Zkouška únavy

- měnící se zatížení - mnoho cyklů - zjišťuje se mez únavy
- princip únavy - zvýšené napětí v místech vrubů, šíření trhlin

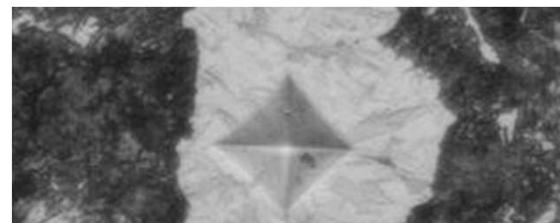
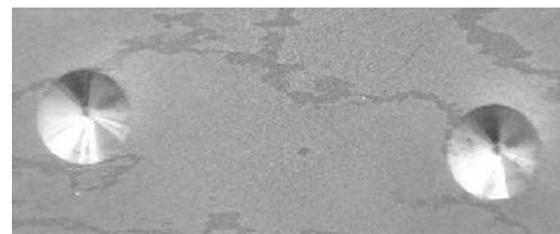


# Zkouška tvrdosti

- vtlačování tvrdého tělesa
- Brinell - ocelová kulička,
- Rockwell - diamantový kužel
- Vickers - diamantový jehlan
- Nedestruktivní zkoušky - z tvrdosti se určí mez kluzu



# Zkouška tvrdosti



# Kladívko Poldi



# Sortiment konstrukčních ocelí

- **Vlastnosti oceli** (mechanické, chemické složení) určují normy technických dodacích podmínek (materiálové listy), tvary a rozměry v normách rozměrů a geometrických odchylek hutních výrobků. Označení oceli podle materiálového listu ČSN 41 1373
- Pro ocelové konstrukce se obvykle používají základní materiály pevnostních tříd **S235**, **S275**, **S355** (podle meze kluzu) a tříd houževnatosti B, C, D.
- Pro konstrukce do vnějších prostředí - **patinující oceli** - 15 217 a 15 127 (~S355) - zvláštní předpisy a podmínky pro výrobu a údržbu
- **Oceli vysoké pevnosti** ( $f_y = 400$  MPa až 700 MPa) - odůvodněné případy, zvláštní podmínky a opatření pro výrobu
- Pevnostní třída podle funkčních, konstrukčních, výrobních a ekonomických podmínek, třída houževnatosti podle
  - způsobu spojování
  - způsobu a úrovně namáhání prvku
  - důsledků porušení konstrukce
  - tloušťky materiálu
  - provozní teploty

# Doporučené základní materiály pro svařované konstrukce

Pevnostní třída oceli podle ČSN EN 10027-1	Třída houževnatosti		
	B	C	D
S 235	11 373 11 375	11 378	11 378
S275	11 443	11 448	11 448 11 449
S355		11 523	11 503

ČSN EN 10027-1 Systémy označování oceli – část 1: Stavba značek ocelí  
 ČSN EN 10027-2 Systémy označování oceli – část 2: Systém číselného označování

# Navrhování podle mezních stavů

- ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- Mezní stavy, stavy, při jejichž překročení již konstrukce nesplňuje příslušná návrhová kritéria.

# Mezní stavy únosnosti

- Mezní stavy související se zřícením nebo s dalšími podobnými druhy poruch konstrukce (Obecně odpovídají maximální únosnosti konstrukce nebo nosných prvků.)

kriteria	má se zabránit
<b>porušení stability polohy</b>	<b>převržení, vyzdvižení či posunutí celé konstrukce</b>
<b>překročení pevnosti</b>	<b>porušení celistvosti prvků</b>
<b>ztráta stability tvaru</b>	<b>vybočení prutů, klopení nosníků, boulení stěn</b>
<b>únavový lom</b>	<b>šíření únavových trhlin do porušení průřezu</b>
<b>křehký lom</b>	<b>porušení rychle se šířící trhlinou</b>
<b>nadměrná plastická deformace</b>	<b>nadměrným lokálním či celkovým plastickým deformacím</b>

# Mezní stavy použitelnosti

- Stavy odpovídající podmínkám, při jejichž překročení již nejsou splněny stanovené provozní požadavky na konstrukci nebo na nosný prvek.

kriteria		má zabránit
pohoda člověka	v objektu	nadměrnému chvění a kmitání konstrukce
	v okolí objektu	nadměrnému přetvoření - hlediska psychická, estetická
		nadměrné hlučnosti vyvolané konstrukcí
provozní schopnost stavebního vybavení		porušení celistvosti prvků
funkce technologického a strojního vybavení		narušení funkce zabudovaného nebo souvisejícího zařízení, porušení plyno a vodotěsnosti apod.

# Zatížení stavebních konstrukcí

- **ČSN EN 1991 Zatížení konstrukcí**
  - Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení
  - Část 1-2: Obecná zatížení – Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru
  - Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
  - Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
  - Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou
  - Část 1-6: Obecná zatížení – Zatížení během provádění
  - Část 1-7: Obecná zatížení – Mimořádná zatížení
  - Část 3: Zatížení od jeřábů a strojního zařízení
  - Část 4: Zatížení zásobníků a nádrží

# Zatížení stavebních konstrukcí

- ČSN EN 1991 Zatížení konstrukcí
- - **přírodně fyzikální jevy** - gravitace a hmota, vítr, sníh, změny teploty atd.,
- - **technicky fyzikální jevy** - zatížení jeřáby, vozidly, stroji, zatížení podlah atd.
- **existenční vztahy** - zatížení mohou být: vzájemně
  - **nezávislá** (vlastní tíha konstrukce a vítr)
  - **pozitivně závislá** (svislé a vodorovné účinky jeřábu)
  - **negativně závislá** (účinek vysokých teplot a sníh)
- Hodnoty zatížení
  - **charakteristické**
  - **návrhové**
    - pro mezní stav únosnosti
      - maximum
      - **minimum**
    - pro mezní stav použitelnosti  $\gamma_f = 1$

# ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE



# Navrhování OK podle Eurokódu

- ČSN EN 1993 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí
  - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
  - Část 1-2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru
  - Část 1-3: Obecná pravidla – Doplnující pravidla pro tenkostěnné za studena tvarované prvky a plošné profily
  - Část 1-4: Obecná pravidla – Doplnující pravidla pro korozivzdorné oceli
  - Část 1-5: Boulení stěn
  - Část 1-6: Pevnost a stabilita skořepinových konstrukcí
  - Část 1-7: Deskostěnové konstrukce příčně zatížené
  - Část 1-8: Obecná pravidla – Navrhování styčnicků
  - Část 1-9: Únava
  - Část 1-10: Houževnatost a vlastnosti materiálu napříč tloušťkou
  - Část 1-11: Obecná pravidla – Navrhování ocelových tažených prutů
  - Část 1-12: Doplnující pravidla pro oceli vysoké pevnosti do třídy S700

# Charakteristické hodnoty materiálu

- Charakteristické hodnoty meze kluzu  $f_{yk}$  a pevnosti  $f_{uk}$  v závislosti na tloušťce materiálu - podklad pro výpočet únosnosti (z tahové zkoušky) - s danou zárukou pravděpodobnosti výskytu

Pevnostní třída oceli podle EN 10027	Tloušťky t [mm]			
	t < 40		40 < t < 80	
	$f_{yk}$	$f_{uk}$	$f_{yk}$	$f_{uk}$
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	410	550

Charakteristické hodnoty pevnostních veličin konstrukčních ocelí

# Dílčí součinitele spolehlivosti materiálu

Únosnost	$\gamma_M$	Pevnostní třída oceli podle ČSN EN 10025+A1		
		S 235	S 275	S 355
Průřezy třídy 1, 2, 3, 4	$\gamma_{M0}$	1,0		
Stabilita	$\gamma_{M1}$			
Průřezy oslabené namáhané tahem	$\gamma_{M2}$	1,25		

# Mezní stavy únosnosti

- Návrhová hodnota pevnosti se stanoví
- - z charakteristické hodnoty meze kluzu  $f_{yk}$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

- - z charakteristické hodnoty pevnosti oceli v tahu  $f_{uk}$

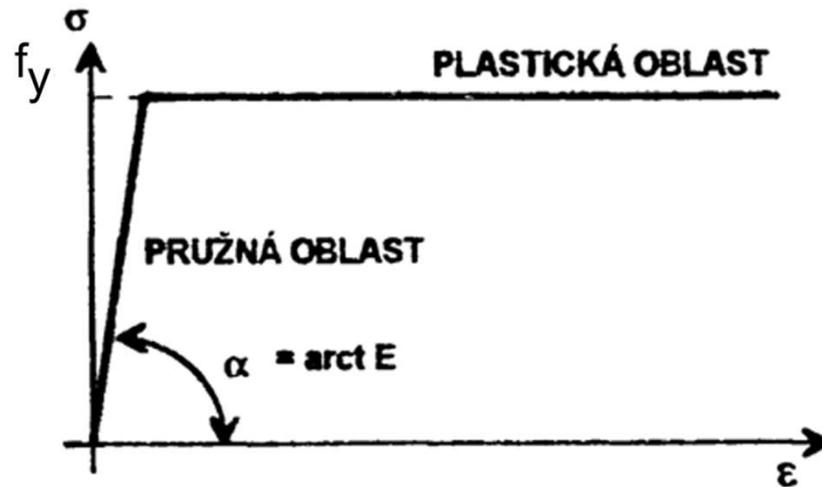
$$f_{ud} = \frac{f_{uk}}{\gamma_{M2}}$$

- součinitele  $\gamma_M$  podle tabulky

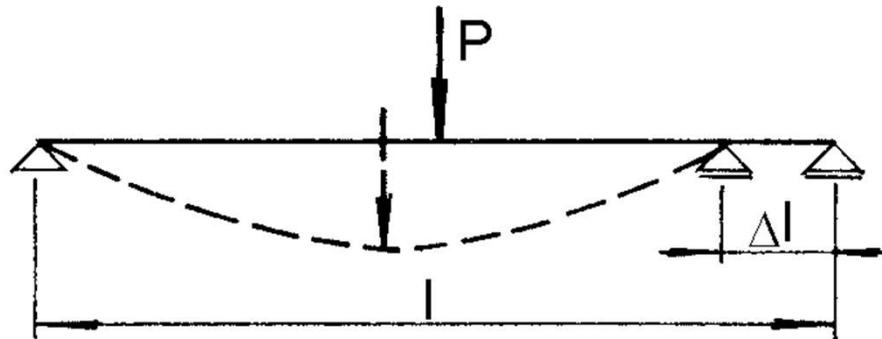
# Výpočet vnitřních sil a momentů (analýza konstrukce)

- **pružnostní výpočet** (platný Hookův zákon)
- **plastický výpočet** (vznik plastických kloubů a plastických mechanismů - tuhoplastický a pružnoplastický pracovní diagram)
- *Plastické vlastnosti oceli mohou být využívány, pokud tažnost  $\varepsilon_u \geq 15\%$ ,  $f_u / f_y \geq 1,1$  a  $\varepsilon_u \geq 15 \varepsilon_y$*
- **podle teorie I. řádu** - konstrukce v návrhovém tvaru
- **podle teorie II. řádu** - vliv počátečních imperfekcí a přetvoření po zatížení

# Prandtlův pracovní diagram



## Vliv deformace na výminky rovnováhy



# Klasifikace průřezů

- rozhoduje o uplatnění pružnostního či plastického výpočtu - podle štíhlosti a únosnosti tlačенých a ohýbaných částí (pásnic, stojin)
- **průřezy kompaktní**
  - 1. třída - plný plastický kloub s dostatečnou kapacitou pootáčení
  - 2. třída - průřez s plnou plastickou únosností a omezenou kapacitou pootáčení
  - 3. třída - plná pružná únosnost - výpočtová pevnost v krajních vláknech průřezů
- **průřezy štíhlé**
  - 4. třída - ohybová a tlaková únosnost snížena lokálním boulením

# Základní druhy namáhání

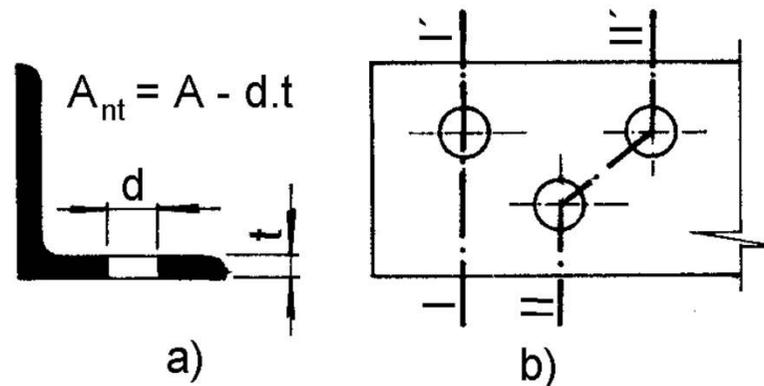
- posouzení únosnosti
- porovnání únosnosti s působící silou

$$N_{Sd} \leq N_{Rd}$$

$$M_{Sd} \leq M_{Rd}$$

$$V_{Sd} \leq V_{Rd}$$

- účinná plocha po odečtení oslabení



- a) úhelník oslabený otvorem  
b) rozhodující je menší účinný plocha

# Prostý tah

$$N_{Sd} \leq N_{t,Rd}$$

- kde  $N_{Sd}$  je návrhová hodnota tahové síly
- $N_{t,Rd}$  je návrhová hodnota únosnosti průřezu v tahu, která se určí jako menší z hodnot  $N_{pl,Rd}$  a  $N_{u,Rd}$
- Návrhová hodnota únosnosti neoslabeného průřezu

$$N_{pl,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

- oslabeného průřezu

$$N_{u,Rd} = 0,9 \cdot A_{net} \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

# Prostý tlak

$$N_{Sd} \leq N_{c,Rd}$$

- kde  $N_{Sd}$  je návrhová hodnota tlakové síly  
 $N_{c,Rd}$  je návrhová hodnota únosnosti průřezu v tlaku

$$N_{c,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

- oslabení otvory pro spojovací prostředky se neuvažuje kromě nadměrných a prodloužených děr.

# Vzpěrný tlak

- Štíhlé konstrukční prvky - **stabilitní problémy** (stabilita tvaru)
  - **vzpěr prutů**
  - **klopení nosníků**
  - **boulení stěn**

**Klasické řešení** - švýcarský matematik **Leonard Euler 1774**  
ideální prut - **Eulerovo břemeno** (síla)

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l^2}$$

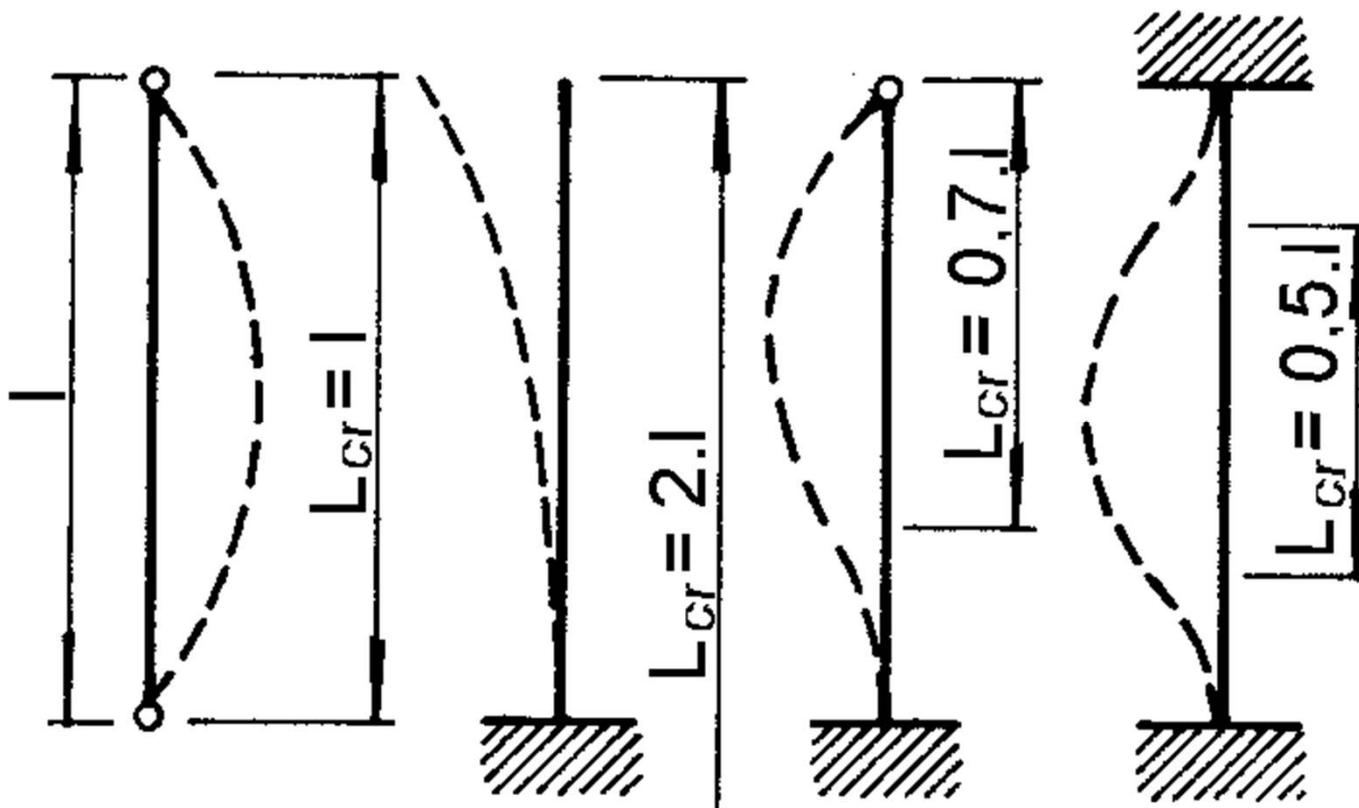
$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$$

$$\lambda = \frac{l}{i}$$

**štíhlostní poměr**

- $N < N_{cr}$  - rovnováha stabilní
- $N = N_{cr}$  - rovnováha indiferentní
- $N > N_{cr}$  - rovnováha labilní

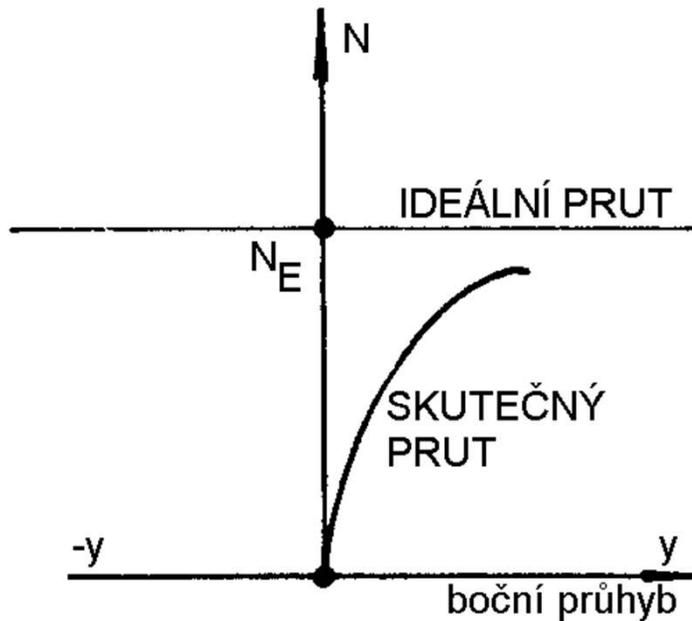
# Základní případy vzpěrných délek



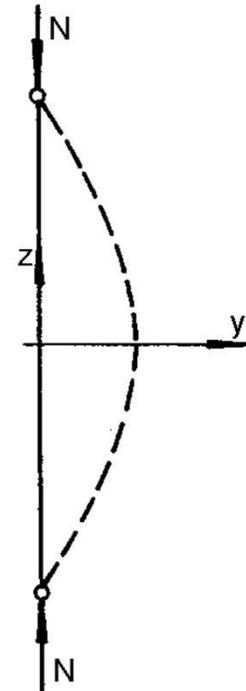
# Chování skutečného prutu

- **Skutečný prut**

- odchylky geometrické
- odchylky strukturální



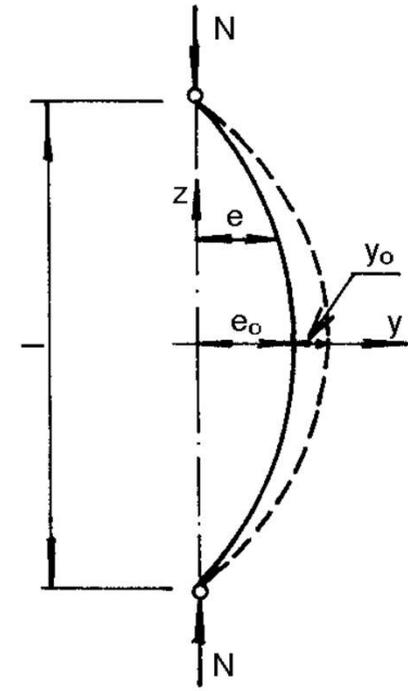
Stabilita ideálního a chování skutečného prutu



$$y' = -M/EI \Rightarrow$$

$$y'' + a^2 y = 0$$

a)



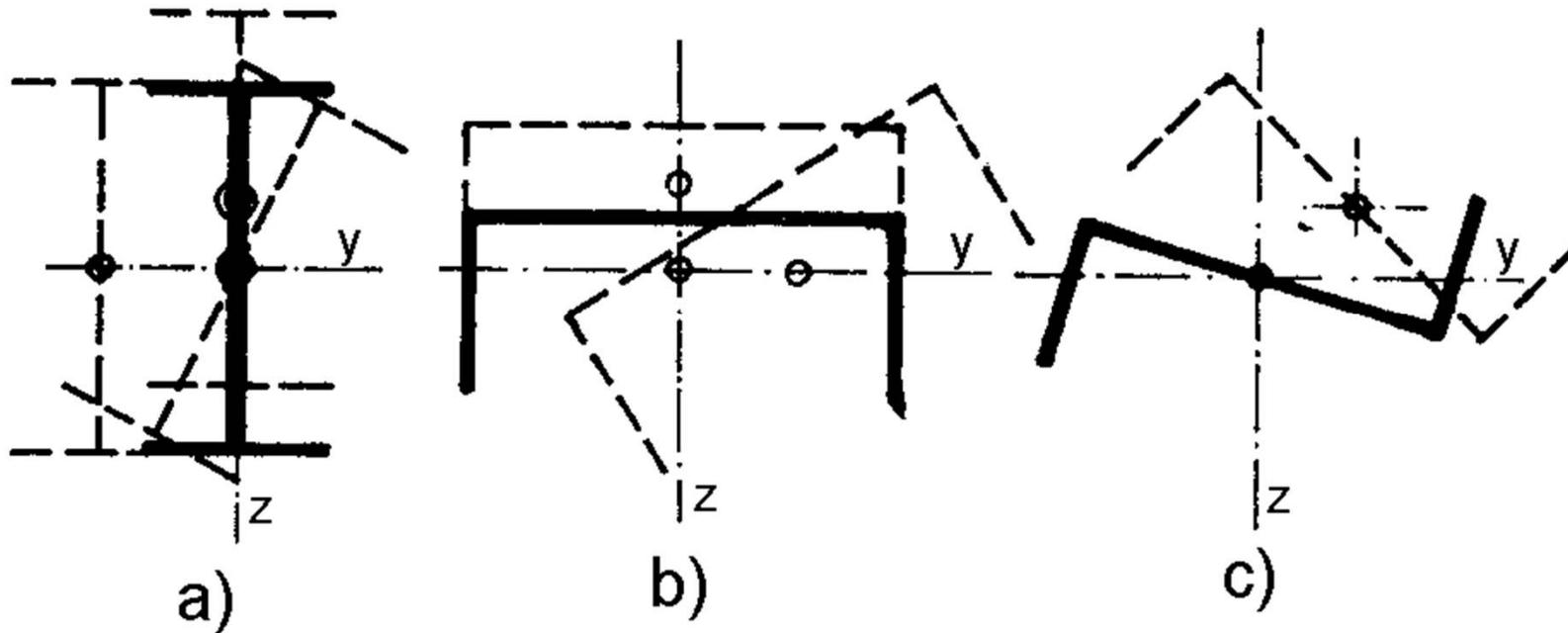
$$e = e_0 \cdot \sin(\pi \cdot z / l)$$

$$y'' + a^2 y = -a^2 \cdot e_0 \cdot \cos(\pi \cdot z / l)$$

b)

Model a) ideálního,  
b) skutečného prutu

# Vybočení prutu



Způsoby vybočení prutů a) dvouose souměrného, b) jednoose souměrného, c) nesouměrného

# Vzpěrný tlak

- **Vzpěrná pevnost prutu** je definována jako napětí  $N/A$ , kdy díky přídatnému ohybu dojde k dosažení výpočtové pevnosti materiálu v krajních vláknech průřezu

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{N(e_0 + y_0)}{W}$$

# Vzpěrný tlak podle ČSN EN 1993-1-1

$$N_{Ed} \leq N_{b,Rd}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

pro průřezy třídy  
1,2 a 3

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

pro průřezy třídy 4

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} \leq 1$$

je součinitel vzpěrnosti pro příslušný směr,

$$\phi = 0,5 \cdot \left[ 1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

$\alpha$  je součinitel imperfekce viz tabulka,

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i}$$

štíhlostní poměr a

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

je poměrná štíhlost pro průřezy třídy 1,2,3  
popř. 4,

# Vzpěrný tlak podle ČSN EN 1993-1-1

## Štíhlosti pro rovinný vzpěr

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{1}{\lambda_1}$$

pro průřezy třídy 1, 2 a 3

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{\sqrt{\frac{A_{eff}}{A}}}{\lambda_1}$$

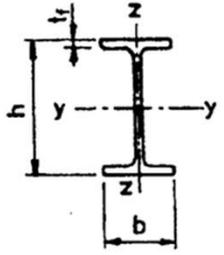
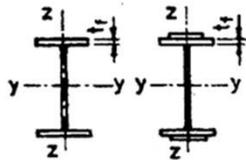
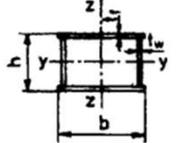
pro průřezy třídy 4

kde  $L_{cr}$  je vzpěrná délka v uvažované rovině vybočení  
 $i$  poloměr setrvačnosti plného průřezu k příslušné ose

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

- Přiřazení křivek vzpěrné pevnosti k typům průřezů z oceli S235, S275, S335 a S420

Průřez	Meze	Vybočení kolmo k ose	Křivka vzpěrné pevnosti	
Válcované I průřezy 	$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y - y z - z	a b
		$t_f > 40 \text{ mm}$ $< 100 \text{ mm}$	y - y z - z	b c
	$h/b < 1,2$	$t_f \leq 100 \text{ mm}$	y - y z - z	b c
		$t_f > 100 \text{ mm}$	y - y z - z	d d
Svařované I průřezy 	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y - y z - z	b c	
	$t_f > 40 \text{ mm}$	y - y z - z	c d	
Svařované truhlíkové průřezy 	všechny, kromě následujících výjimek	libovolné	b	
	$b/t_f < 30$ $b/t_w < 30$	y - y z - z	c c	
Duté průřezy 	válcované za tepla	libovolné	a	
	tvarované za studena	libovolné libovolné	b c	
U, T profily a plné profily		libovolné	c	
L profily		libovolné	b	

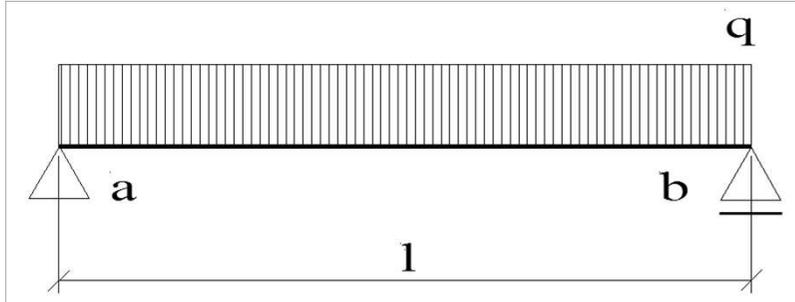
křivka vzpěrné pevnosti	$a_0$	a	b	c	d
$\alpha$	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

● **Součinitel imperfekce  $\alpha$**

Pruty tlačené	$\lambda$	
- pruty příhradových ztužidel, zajišťujících stabilitu jiných konstrukcí	250	
- pruty příhradových nosníků	200	
- sloupy budov, nejsou-li součástí rámové konstrukce	180	
Pruty tažené	zatížené	
	staticky	dynamicky
- pruty příhradových konstrukcí	400	350
- brzdná ztužidla jeřábových drah	-	150
POZNÁMKA - U tažených prutů se štíhlost uvažuje jen ve svislé rovině		

● **Doporučené mezní štíhlosti prutů**

# Ohyb - mezní stav únosnosti



$$M_{Ed} \leq M_{c,Rd} \Rightarrow \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

- kde  $M_{Ed}$  je návrhová hodnota momentu pro danou kombinaci  $M_{c,Rd}$  návrhová hodnota momentu únosnosti
- průřezy 1. a 2. třídy

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$W_{pl}$  je průřezový modul za předpokladu plného zplastizování

- průřezy 3. třídy

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$W_{el,min}$  je průřezový modul vláken s největším pružným napětím

# Smyk za ohybu

Při plasticitním výpočtu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$$

- kde  $V_{Ed}$  je návrhová hodnota smykové (posouvající) síly

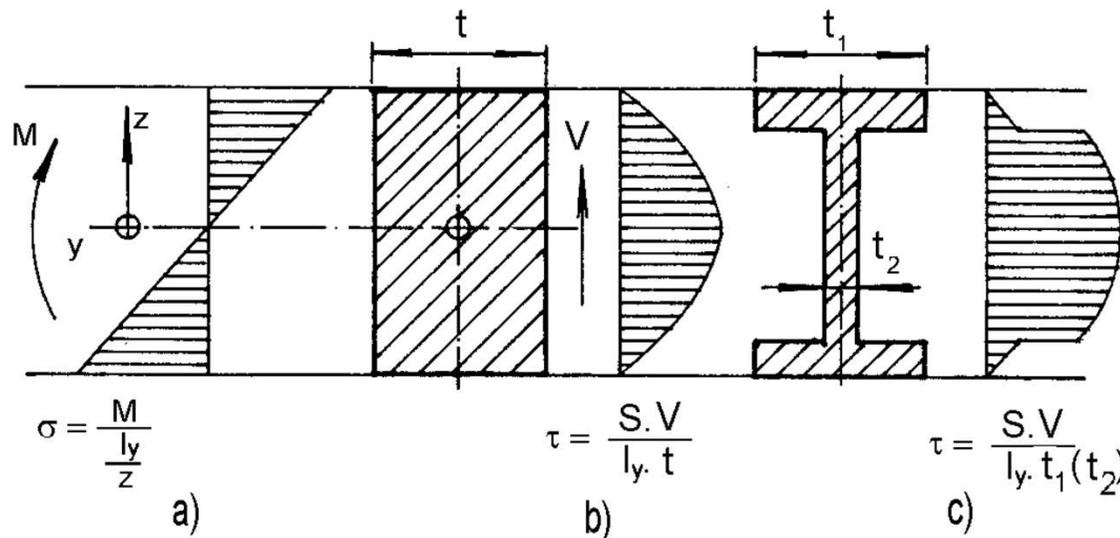
$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = A_v \frac{f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

je návrhová únosnost ve smyku při **plasticitním** výpočtu,  $A_v$  je plocha účinná na smyk

0,577

# Smyk za ohybu

Při pružnostním výpočtu



$$\frac{\tau_{Ed}}{f_y} \leq \frac{1}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}}$$

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed} \cdot S}{I \cdot t}$$

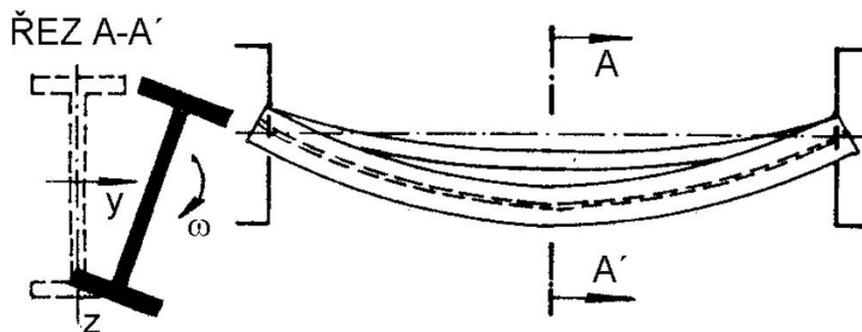
- kde  $\tau_{Ed}$  je smykové napětí od návrhová hodnoty posouvající síly  $V_{Ed}$ ,  $S$  statický moment,  $I_y$  moment setrvačnosti a  $t$  šířka
- pro I a H profily se smykové napětí ve stěně  $\tau_{ED}$  stanoví podle vzorce za splnění podmínky, kde  $A_f$  je plocha jedné pásnice a  $A_w$  je plocha stojiny

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{A_w}$$

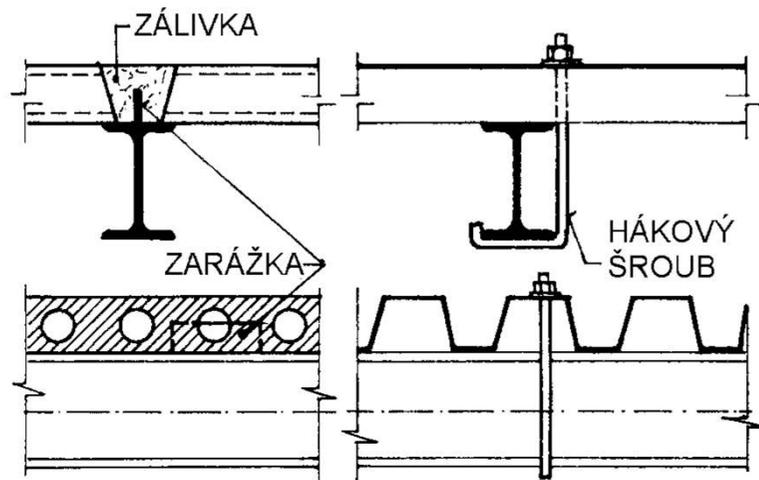
$$\frac{A_f}{A_w} \geq 0,6$$

# Klopení nosníků

- stabilita ohýbaného nosníku, lze jí zabránit:



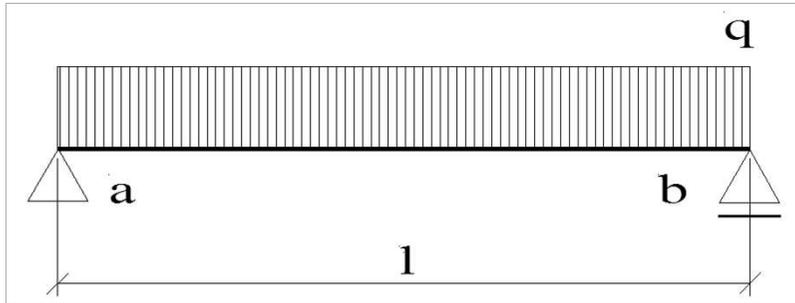
- dutý uzavřený průřez, na kroucení tuhý
- rovina ohybu ve směru menší tuhosti
- zajištění tlačené části průřezu po  $\max. 40 \cdot i_{y1}$



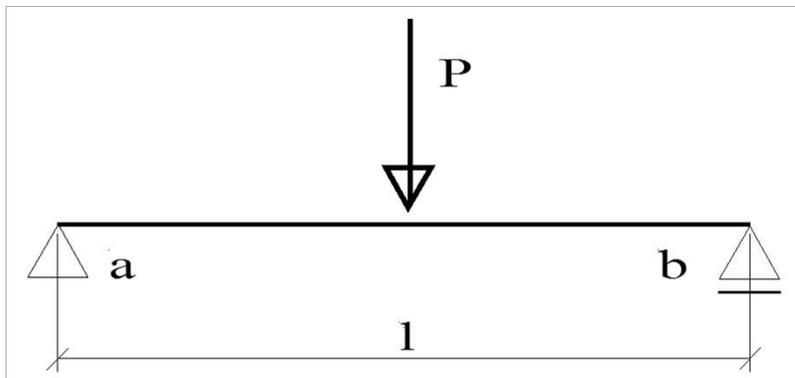
zajištění nosníku proti klopení

# Mezní stav použitelnosti

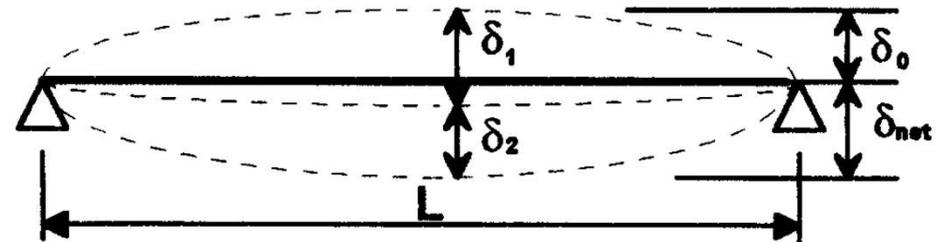
- provozní zatížení –  $\gamma_f = 1$



$$\delta = \frac{5}{384} \frac{ql^4}{EI}$$



$$\delta = \frac{1}{48} \frac{Pl^3}{EI}$$



$$\delta_{\max} = -\delta_0 + \delta_1 + \delta_2$$

- $\delta_{\max}$  výsledný průhyb ke spojnici podpor
- $\delta_0$  nadvýšení nosníku v nezátíženém stavu
- $\delta_1$  průhyb od stálého zatížení bezprostředně po zatížení
- $\delta_2$  průhyb od nahodilého zatížení a nárůst od dotvarování

# Mezní průhyby

Konstrukce, dílce	Mezní hodnoty	
	$\delta_{\max}$	$\delta_2$
<b>Střešní konstrukce - vaznice</b> - vazníky - s častým výskytem osob	- - L/250	L/250 L/250 L/300
<b>Stropní konstrukce - stropnice</b> - průvlaky - nesoucí stropy, pokud nebyl průhyb zahrnut do rozboru mezního stavu únosnosti	- - L/400	L/250 L/400 L/500
<b>Stropní a střešní konstrukce, nesoucí dlažbu, omítky a jiné křehké obklady a příčky</b>	L/250	3/350
<b>Stěny – překlady</b>	-	L/600
<b>Jeřábové dráhy</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pro podvěsné jeřáby</li> <li>- pro ruční mostové jeřáby</li> <li>- pro mostové jeřáby do 50 t</li> <li>- pro mostové jeřáby nad 50 t</li> </ul>	- - - -	L/400 L/500 L/600 L/750
<b>Průmyslové plošiny - podlahové nosníky</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- průvlaky</li> <li>- nosníky pod kolejí úzkého profilu</li> <li>- nosníky pod železniční kolejí</li> </ul>	- - - -	L/250 L/400 L/300 L/400
<b>Případy, kdy <math>\delta_{\max}</math> může narušit vzhled objektu</b> Nosné konstrukce III	L/250	- 48

# Mezní průhyby

Konstrukce, dílce	vodorovný průhyb $\delta_2$
Prvky stěn – příčle zasklení	L/200
- sloupky a paždíky	L/250
- sloupky a paždíky u zasklených a vyzděných stěn	L/300
Vrcholy sloupů budov bez jeřábových drah od zatížení větrem	
- u portálových rámců	h/150
- u jednopodlažních budov	h/300
- u vícepodlažních budov	
a) v každém podlaží	h/300
b) pro konstrukci jako celek	$h_0/500$
L je rozpětí prvku, h je výška sloupu nebo podlaží, $h_0$ celková výška konstrukce	

## Dynamické účinky

- frekvence budících sil a vlastní frekvence konstrukce – rezonance
- stropní konstrukce obytných, administrativních budov apod. >3 Hz
- tělocvičny, taneční sály, tribuny > 6 HZ
- při rozpětí  $L < 10$  m zpravidla postačuje
  - u běžně přístupných stropních a střešních konstrukcí  $\delta_1 + \delta_2 < 28$  mm
  - u tělocvičen, tanečních sál, tribun apod.  $\delta_1 + \delta_2 < 10$  mm