

Pevnostní třídy oceli

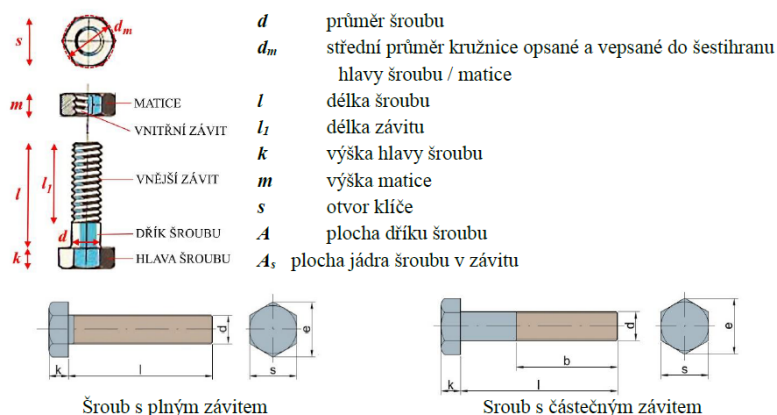
	f_y [MPa]	f_u [MPa]
S235	235	360
S275	275	390
S355	355	490
S420	420	510
S460	460	540

Materiálové vlastnosti oceli

	Ocel S355
Objemová hmotnost $\rho = m/V$	7850 kg/m ³
Poissonův součinitel ν	0.3
Modul pružnosti E	210 000 MPa
Modul pružnosti ve smyku $G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}$	80 769 MPa
Součinitel spolehlivosti γ_{M0}	1.0
γ_{M1}	1.0
γ_{M2}	1.25
γ_{M3}	1.25

Šrouby

Pevnostní třída	f_y [MPa]	f_u [MPa]
4.6	240	400
4.8	320	400
5.6	300	500
5.8	400	500
6.8	480	600
8.8	640	800
10.9	900	1000



Rozteče šroubů

	Minimální	Doporučené
e_1	$1,2 d_0$	$2,0 d_0$
p_1	$2,2 d_0$	$3,5 d_0$
e_2	$1,2 d_0$	$1,5 d_0$
p_2	$2,4 d_0$	$3,0 d_0$

	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M27	M30	M36
d [mm]	8	10	12	16	20	24	27	30	36
d_m [mm]	14	18.3	20.5	25.9	32.3	38.8	44.2	49.6	56
A [mm ²]	50	79	113	201	314	452	572	707	1017
A_s [mm ²]	37	58	84	157	245	353	459	561	817

Pro nosné spoje používat šrouby M16 a větší

Únosnosti:

Ve střihu: $F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}}$

V otláčení: $F_{b,Rd} = \frac{k_1 a_b f_u d t}{\gamma_{M2}}$

V tahu: $F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$

V Protlačení: $B_{p,Rd} = \frac{0,6 \pi d_m t p f_u}{\gamma_{M2}}$

Kombinace: $\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} \leq 1,0$

Oslabený průřez: $N_{t,Rd} = \min \left\{ \frac{A f_y}{\gamma_{M0}}, \frac{0,9 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} \right\}$

$\alpha_v = 0,6$ nebo $0,5$

$a_b = \min \left\{ \frac{\alpha_d}{1,0}, \frac{f_{ub}}{f_u} \right\}$ $k_1 = \min \left\{ 2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5 \right\}$ $\alpha_d = \min \left\{ \frac{e_1}{3 d_0}, \frac{p_1}{3 d_0} - \frac{1}{4} \right\}$

$k_2 = 0,9$ pro obvyčejné šrouby

Předpjaté šrouby: Prokluz: $F_{s,Rd} = \frac{k_s n \mu}{\gamma_{M3}} F_{p,c}$; $F_{p,c} = 0,7 f_{ub} A_s$

Tabulka 3.6 – Hodnoty k_s

Popis	k_s
Šrouby v obyčejných otvorech	1,00
Šrouby v nadměrných otvorech nebo krátkých prodloužených otvorech s osou prodlouženého otvoru kolmou na směr síly	0,85
Šrouby v dlouhých prodloužených otvorech s osou prodlouženého otvoru kolmou na směr síly	0,70
Šrouby v krátkých prodloužených otvorech s osou prodlouženého otvoru ve směru síly	0,76
Šrouby v dlouhých prodloužených otvorech s osou prodlouženého otvoru ve směru síly	0,63

Tabulka 3.7 – Součinitel tření μ pro předpjaté šrouby

Třída třecího povrchu (viz související normy 1.2.7: skupina 7)	Součinitel tření μ
A	0,5
B	0,4
C	0,3
D	0,2

POZNÁMKY

- Požadavky na zkoušení a kontrolu jsou uvedeny v souvisejících normách 1.2.7: skupina 7.
- Klasifikace jakéhokoliv jiného povrchu má být založena na zkušebních vzorcích, které reprezentují povrchy použité v konstrukci podle postupu uvedeného v souvisejících normách 1.2.7: skupina 7.
- Definice tříd třecích povrchů jsou uvedeny v souvisejících normách 1.2.7: skupina 7.
- U povrchu ošetřeného nátěry může časem nastat ztráta předpětí.

Vytržení skupiny šroubů:

- Centricky: $V_{eff,1,Rd} = \frac{f_u A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y A_{nv}}{\gamma_{M0} \sqrt{3}}$
- Excentricky: $V_{eff,2,Rd} = 0,5 \frac{f_u A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y A_{nv}}{\gamma_{M0} \sqrt{3}}$

Posudek svaru:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}; \quad \sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 f_u}{\gamma_{M2}}$$

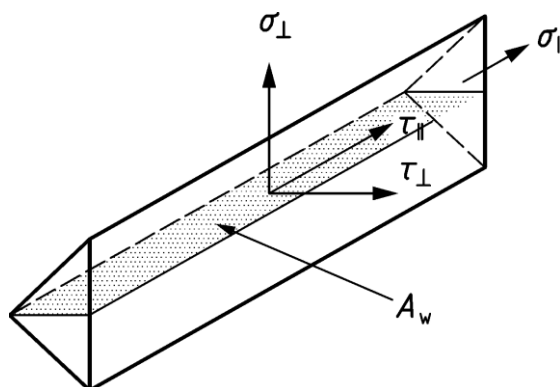


Table 4.1: Correlation factor β_w for fillet welds

Standard and steel grade			Correlation factor β_w
EN 10025	EN 10210	EN 10219	
S 235 S 235 W	S 235 H	S 235 H	0,8
S 275 S 275 N/NL S 275 M/ML	S 275 H S 275 NH/NLH	S 275 H S 275 NH/NLH S 275 MH/MLH	0,85
S 355 S 355 N/NL S 355 M/ML S 355 W	S 355 H S 355 NH/NLH	S 355 H S 355 NH/NLH S 355 MH/MLH	0,9
S 420 N/NL S 420 M/ML		S 420 MH/MLH	1,0
S 460 N/NL S 460 M/ML S 460 Q/QL/QL1	S 460 NH/NLH	S 460 NH/NLH S 460 MH/MLH	1,0

Namáhání prutů:

- Tah a prostý tlak: $N_{Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}}$
- Ohyb: $M_{Rd} = \frac{W f_y}{\gamma_{M0}}$
- Smyk: $V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\gamma_{M0} \sqrt{3}}$

Zatřídění průřezu:

Table 5.2 (sheet 1 of 3): Maximum width-to-thickness ratios for compression parts

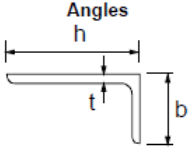
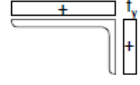
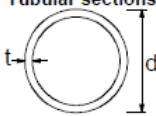
Internal compression parts			
Class	Part subject to bending	Part subject to compression	Part subject to bending and compression
Stress distribution in parts (compression positive)			
1	$c/t \leq 72\varepsilon$	$c/t \leq 33\varepsilon$	when $\alpha > 0,5$: $c/t \leq \frac{396\varepsilon}{13\alpha - 1}$ when $\alpha \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{36\varepsilon}{\alpha}$
2	$c/t \leq 83\varepsilon$	$c/t \leq 38\varepsilon$	when $\alpha > 0,5$: $c/t \leq \frac{456\varepsilon}{13\alpha - 1}$ when $\alpha \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{41,5\varepsilon}{\alpha}$
Stress distribution in parts (compression positive)			
3	$c/t \leq 124\varepsilon$	$c/t \leq 42\varepsilon$	when $\psi > -1$: $c/t \leq \frac{42\varepsilon}{0,67 + 0,33\psi}$ when $\psi \leq -1$: $c/t \leq 62\varepsilon(1 - \psi)\sqrt{-\psi}$
$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275
	ε	1,00	0,92
			355
			420
			460
			0,75
			0,71

*) $\psi \leq -1$ applies where either the compression stress $\sigma \leq f_y$ or the tensile strain $\varepsilon_y > f_y/E$

Table 5.2 (sheet 2 of 3): Maximum width-to-thickness ratios for compression parts

Outstand flanges				
Rolled sections		Welded sections		
Class	Part subject to compression	Part subject to bending and compression		
		Tip in compression	Tip in tension	
Stress distribution in parts (compression positive)				
1	$c/t \leq 9\varepsilon$	$c/t \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	
2	$c/t \leq 10\varepsilon$	$c/t \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	
Stress distribution in parts (compression positive)				
3	$c/t \leq 14\varepsilon$	$c/t \leq 21\varepsilon\sqrt{k_\sigma}$		
For k_σ see EN 1993-1-5				
$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355
	ε	1.00	0.92	0.81
				420
				460
				0.75
				0.71

Table 5.2 (sheet 3 of 3): Maximum width-to-thickness ratios for compression parts

Refer also to "Outstand flanges" (see sheet 2 of 3) Angles  Does not apply to angles in continuous contact with other components																			
Class	Section in compression																		
Stress distribution across section (compression positive)																			
3	$h/t \leq 15\varepsilon : \frac{b+h}{2t} \leq 11,5\varepsilon$																		
Tubular sections 																			
Class	Section in bending and/or compression																		
1	$d/t \leq 50\varepsilon^2$																		
2	$d/t \leq 70\varepsilon^2$																		
3	$d/t \leq 90\varepsilon^2$																		
NOTE For $d/t > 90\varepsilon^2$ see EN 1993-1-6.																			
$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$	<table><tr><td>f_y</td><td>235</td><td>275</td><td>355</td><td>420</td><td>460</td></tr><tr><td>ε</td><td>1,00</td><td>0,92</td><td>0,81</td><td>0,75</td><td>0,71</td></tr><tr><td>ε^2</td><td>1,00</td><td>0,85</td><td>0,66</td><td>0,56</td><td>0,51</td></tr></table>	f_y	235	275	355	420	460	ε	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71	ε^2	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51
f_y	235	275	355	420	460														
ε	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71														
ε^2	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51														

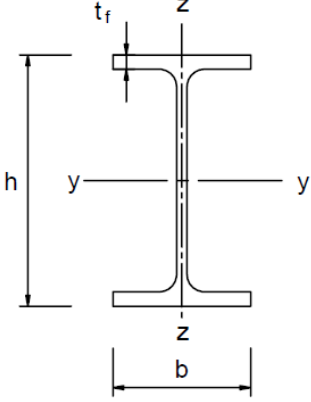
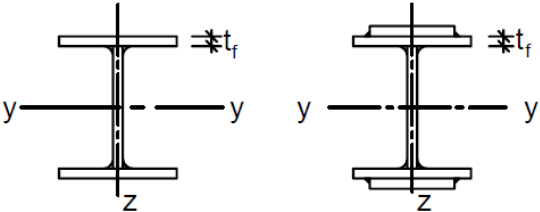
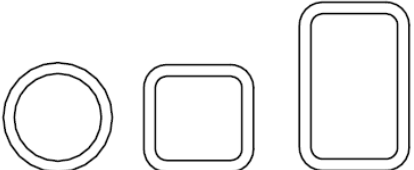
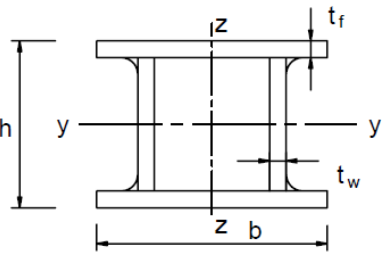
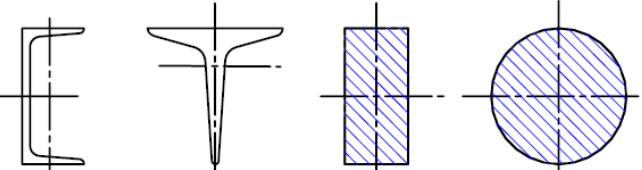
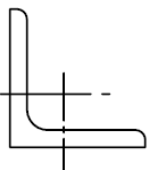
Vzpěr celistvých prutů:

- Rovinný vzpěr: $N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr}^2}$
- Zkroucením: $N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \left[GI_t + \frac{\pi^2 EI_w}{L_{cr,T}^2} \right]$
- Prostorový (jednoose symetrický): $N_{cr,TF} = \frac{1}{2\beta} \left[(N_{cr,z} + N_{cr,T}) - \sqrt{(N_{cr,z} + N_{cr,T})^2 - 4\beta N_{cr,z} N_{cr,T}} \right]$
- $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr}}}$
- $\Phi = \frac{1}{2} \left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right]$
- $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1,0$
- $N_{b,Rd} = \frac{\chi Af_y}{\gamma_{M1}}$

Table 6.1: Imperfection factors for buckling curves

Buckling curve	a_0	a	b	c	d
Imperfection factor α	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

Table 6.2: Selection of buckling curve for a cross-section

Cross section		Limits	Buckling about axis	Buckling curve	
				S 235 S 275 S 355 S 420	S 460
Rolled sections		$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y - y z - z	a a ₀
			$40 \text{ mm} < t_f \leq 100$	y - y z - z	b a
		$h/b \leq 1,2$	$t_f \leq 100 \text{ mm}$	y - y z - z	b a
			$t_f > 100 \text{ mm}$	y - y z - z	d c
Welded I-sections		$t_f \leq 40 \text{ mm}$		y - y z - z	b c
		$t_f > 40 \text{ mm}$		y - y z - z	c d
Hollow sections		hot finished		any	a a ₀
		cold formed		any	c c
Welded box sections		generally (except as below)		any	b b
		thick welds: $a > 0,5t_f$ $b/t_f < 30$ $h/t_w < 30$		any	c c
U-, T- and solid sections				any	c c
L-sections				any	b b

Kroucení

Pruty uzavřeného průřezu:

$$\tau_t = \frac{T_{t,Ed}}{\Omega t}$$

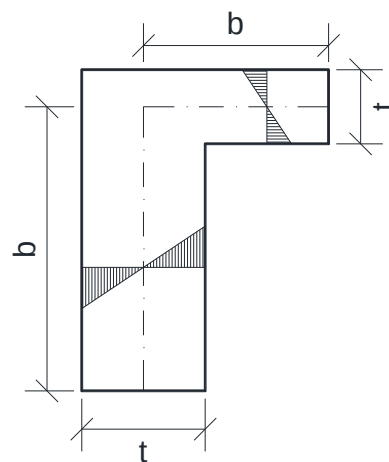
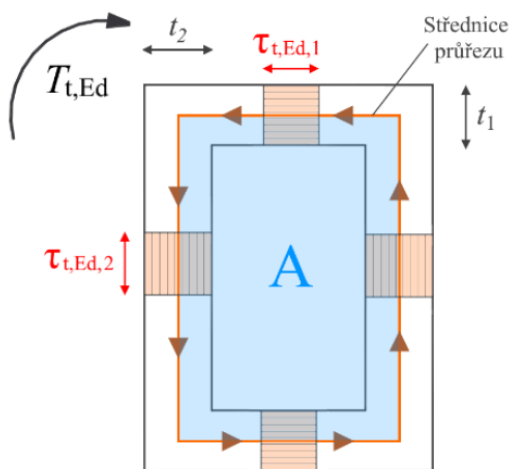
$$\Omega = 2A$$

Pruty otevřeného průřezu:

$$\tau_{t,i,max} = \frac{T_{t,Ed}}{I_t} \cdot t_i$$

$$I_t = \frac{\eta}{3} \sum b_i t_i^3 \text{ (nejlépe z tabulek)}$$

Průřez	η
Válcovaný I-profil	1,3
Válcovaný U-profil	1,2
Obdélník	1,0



Únosnost v prostém kroucení:

$$\tau_t \leq \tau_{Rd} = \frac{f_{yk}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

Klopení

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \quad \text{pro průřezy třídy 1, 2}$$

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_{el,y,min} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \quad \text{pro průřezy třídy 3}$$

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_{eff,y,min} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \quad \text{pro průřezy třídy 4}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \quad \text{but } \chi_{LT} \leq 1,0$$

$$\text{where } \Phi_{LT} = 0,5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

α_{LT} is an imperfection factor

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}}$$

Pružný kritický moment M_{cr} pro ohyb k ose y-y se vypočte ze vztahu:

$$M_{cr} = \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{L}$$

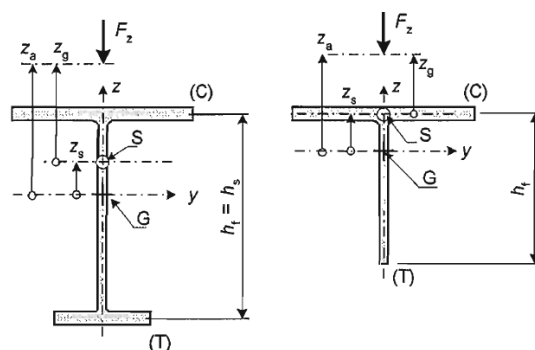
kde μ_{cr} je bezrozměrný kritický moment definovaný jako:

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \cdot \left[\sqrt{1 + \kappa_{ot}^2 + (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j)^2} - (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j) \right],$$

$$\text{kde } \kappa_{ot} = \frac{\pi}{k_{ot} \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_{\omega}}{G \cdot I_t}} \text{ je bezrozměrný parametr kroucení,}$$

$$\zeta_g = \frac{\pi \cdot z_g}{k_z \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} \text{ je bezrozměrný parametr působíště zatížení vůči } C_s,$$

$$\zeta_j = \frac{\pi \cdot z_j}{k_z \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} \text{ je bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu,}$$



(C) tlačená vlákna, (T) tažená vlákna, S – střed smyky, G – těžiště

Buckling curve	a	b	c	d
Imperfection factor α_{LT}	0,21	0,34	0,49	0,76

Cross-section	Limits	Buckling curve
Rolled I-sections	$h/b \leq 2$	a
	$h/b > 2$	b
Welded I-sections	$h/b \leq 2$	c
	$h/b > 2$	d
Other cross-sections	-	d