

**Príloha O** (informatívna)**Fyzikálne vlastnosti ocelí****O.1 Účel**

Príloha O je platná pre väčšinu najbežnejšie používaných ocelí a možno ju použiť v spojení s touto časťou tejto normy.

**O.2 Symboly a skratky**

Tu sa nepoužívajú žiadne iné symboly okrem tých, ktoré sú uvedené v kapitole 4.

**O.3 Definície**

Definície fyzikálnych vlastností ocelí sú uvedené nižšie.

**O.3.1 hustota (angl. density):** hustota  $\rho$  závisí od teploty  $T$ , možno ju vypočítať vzťahom

$$\rho_T = \frac{\rho_{20}}{[1 + \beta_{20,T}(T - 20)]^3} \quad (\text{O.3-1})$$

V tejto rovnici sa musí použiť lineárny súčiniteľ teplotnej rozťažnosti z 20 °C po teplotu  $T$ . Tento je definovaný vzťahom

$$\beta_{20,T} = \frac{1}{l_{20}} \cdot \frac{l_T - l_{20}}{T - 20} \quad (\text{O.3-2})$$

kde  $l_T$  je dĺžka vzorky pri teplote  $T$ .

Pri výpočte hmotnosti komponenta sa musí použiť hustota  $\rho_2$  pri teplote 20 °C, pozri tabuľku O-1.

**Tabuľka O-1 – Hustota pri 20 °C**

Skupina ocele	Hustota $\rho$ kg/m <sup>3</sup>
1 až 4, 5.1 a 5.2	7 850
5.3, 5.4, 6 a 7	7 760
8.1 a 8.2	7 930

**O.3.2 Čiastkový súčiniteľ lineárnej teplotnej rozťažnosti (angl. differential coefficient of linear thermal expansion):** pre výpočet teplotných napätí spôsobených rozdielom teplôt  $\Delta T = T_2 - T_1$ , sa musia použiť čiastkové súčinitele lineárnej teplotnej rozťažnosti  $\beta_{\text{diff},T}$  pri teplote

$$T^* = 0,75 \max(T_1, T_2) + 0,25 \min(T_1, T_2) \quad (\text{O.3-3})$$

Vzťah medzi  $\beta_{20,T}$  a  $\beta_{\text{diff},T}$  je nasledujúci

$$\beta_{\text{diff},T} = \beta_{20,T} + \frac{\partial \beta_{20,T}}{\partial T} (T - T_0) \quad (\text{O.3-4})$$

kde  $T_0 = 20$  °C.

**O.3.3 merné teplo – merná tepelná kapacita** (angl. **specific thermal capacity**): vzťah medzi strednou hodnotou merného tepla od 20 °C po teplotu  $C_{p,20,T}$  a čiastkové merné teplo  $C_{p,diff,T}$  je (podobne ako súčiniteľ lineárnej teplotnej rozťažnosti):

$$C_{p,diff,T} = c_{p,20,T} + \frac{\partial C_{p,20,T}}{\partial T} (T - T_0) \quad (O.3-5)$$

**O.3.4 teplotná vodivosť** (angl. **Thermal diffusivity**): teplotná vodivosť  $D_{th}$  je definovaná vzťahom

$$D_{th} = \frac{\lambda_T}{\rho_T C_{p,diff,T}} \quad (O.3-6)$$

kde  $\lambda_T$  je tepelná vodivosť závislá od teploty ako je uvedené v O.5.3.

**O.3.5 Poissonovo číslo** (angl. **Poisson's ratio**): Poissonovo číslo v možno pre ocele voliť nezávisle od teploty

$$\nu = 0,3 \quad (O.3-7)$$

v elastickej oblasti deformácií

## O.4 Fyzikálne vlastnosti ocelí

POZNÁMKA. – Skupiny ocelí pozri v literatúre [5].

### O.4.1 Všeobecne

Fyzikálne vlastnosti možno vypočítať z polynómov s použitím rovnice (O.4-1) alebo ich možno odčítať z obrázka O-1 až O-4.

Vypočítaná vlastnosť  $Z$ , v jednotkách ako je v nižšie uvedených tabuľkách pre teploty  $T$  v °C, sa vypočíta zo vzťahu:

$$Z = c_0 + c_1 T + c_2 T^2 + c_3 T^3 + \dots \quad (O.4-1)$$

$T$  by nemala prekročiť nasledujúce medze:

feritické ocele, trieda 1.1 až 7:  $20^\circ\text{C} \leq T < 600^\circ\text{C}$

austenitické nehrdzavejúce ocele, triedy 8.1 a 8.2:  $20^\circ\text{C} \leq T < 800^\circ\text{C}$ .

Hodnoty 20 °C možno použiť aj pri teplotách medzi 0 °C a 20 °C.

Tam kde sú tabuľkové hodnoty uvádzané v normách EN, tieto možno alternatívne použiť s použitím lineárnej interpolácie.

### O.4.2 Súčinitele polynómov

Súčinitele polynómov sú uvedené v tabuľkách O-2 až O-5. Zodpovedajúce obrázky sú uvedené na obrázku O-1 až O-4.

**Tabuľka O-2 – Súčinitele polynómov pre modul pružnosti**

Modul pružnosti $E_T$ 10 <sup>3</sup> MPa	Súčinitele pre polynómy pre teplotu $T$ v °C		
	$c_0$	$c_1$	$c_2$
Skupina ocele			
1 až 4, 5.1 a 5.2	213,16	-6.91 E-2	-1,824 E-5
5.3, 5.4, 6 a 7	215,44	-4.28 E-2	-6,185 E-5
8.1 a 8.2	201,66	-8.48 E-2	0

Tabuľka O-3 – Súčinitele polynómov pre lineárnu teplotnú rozťažnosť

Lineárna teplotná rozťažnosť $\beta_T$ $\mu\text{m}/(\text{m K}) (= 10^{-6} \text{ K}^{-1})$		Súčinitele pre polynómy pre teplotu $T$ v $^{\circ}\text{C}$		
Skupina ocele		$c_0$	$c_1$	$c_2$
1 až 4, 5.1 a 5.2	$\beta_{20,T}$	11,14	8,03 E-3	-4,29 E-6
	$\beta_{\text{diff},T}$	10,98	1,623 E-2	-1,287 E-5
5.3, 5.4, 6 a 7	$\beta_{20,T}$	10,22	5,26 E-3	-2,5 E-6
	$\beta_{\text{diff},T}$	10,11	1,062 E-2	-7,5 E-6
8.1 a 8.2	$\beta_{20,T}$	15,13	7,93 E-3	-3,33 E-6
	$\beta_{\text{diff},T}$	14,97	1,599 E-2	-9,99 E-6

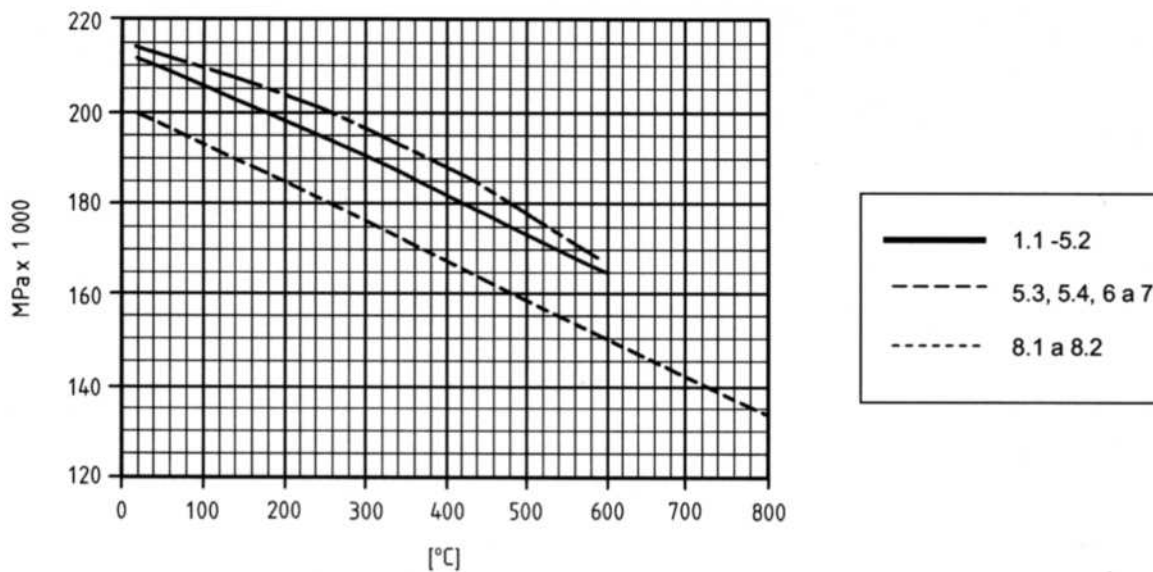
Tabuľka O-4 – Súčinitele polynómov pre tepelnú vodivosť

Tepelná vodivosť $\lambda_T$ $\text{W}/(\text{m K})$		Súčinitele pre polynómy pre teplotu $T$ v $^{\circ}\text{C}$		
Skupina ocele		$c_0$	$c_1$	$c_2$
1.1		55,72	-2,464 E-2	-1,298 E-5
1.2		49,83	-1,613 E-2	-1,372 E-5
2.1		39,85	1,111 E-2	-3,611 E-5
4		46,85	7,2 E-4	-3,305 E-5
5.1		45,00	-1,287 E-2	-1,075 E-5
5.2		36,97	6,40 E-3	-2,749 E-5
5.3 a 5.4		28,05	1,85 E-3	-5,58 E-6
6		22,97	8,73 E-3	-4,82 E-6
8.1 a 8.2		13,98	1,502 E-2	0

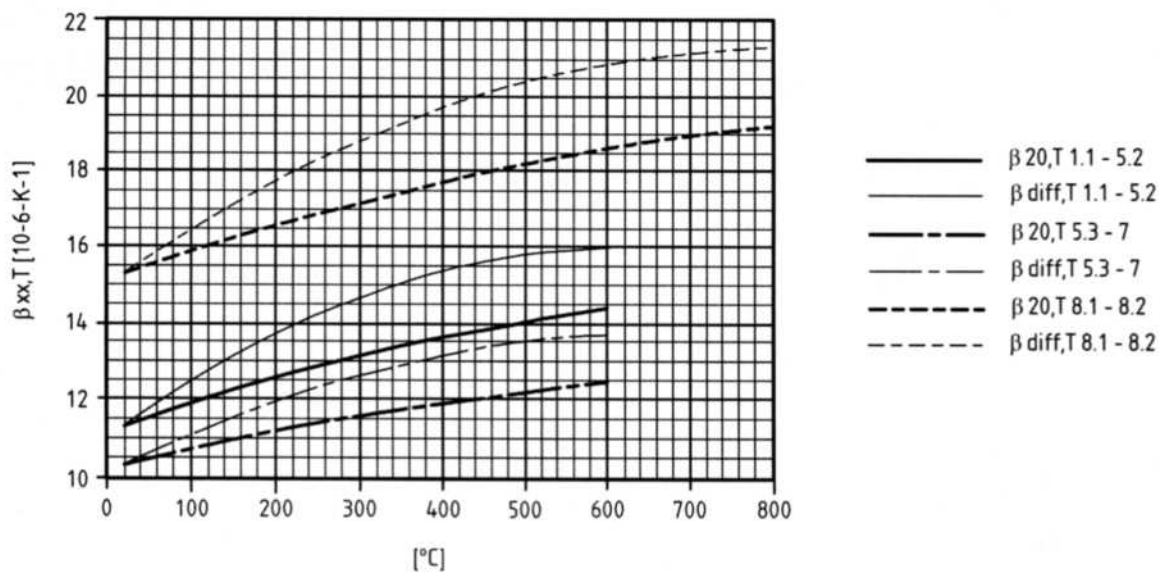
Tabuľka O-5 – Súčinitele polynómov pre merné teplo

Merné teplo $C_{p,xx,T}$ $\text{J}/(\text{kg K})$		Súčinitele pre polynómy pre teplotu $T$ v $^{\circ}\text{C}$				
Skupina ocele		$c_0$	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_4$
1 až 5	$C_{p,20,T}$	454,93	0,28139	-3,8815 E-4	4,7542 E-7	0
	$C_{p,\text{diff},T}$	449,30	0,57830	-1,1930 E-3	1,9017 E-6	0
6	$C_{p,20,T}$	433,33	0,43342	-7,4702 E-4	8,0289 E-7	0
	$C_{p,\text{diff},T}$	424,66	0,89672	-2,2892 E-3	3,2116 E-6	0
8.1 a 8.2	$C_{p,20,T}$	467,77	0,24905	-5,5393 E-4	8,3266 E-7	-4,3916 E-10
	$C_{p,\text{diff},T}$	462,69	0,52026	-1,7117 E-3	3,3658 E-6	-2,1958 E-9

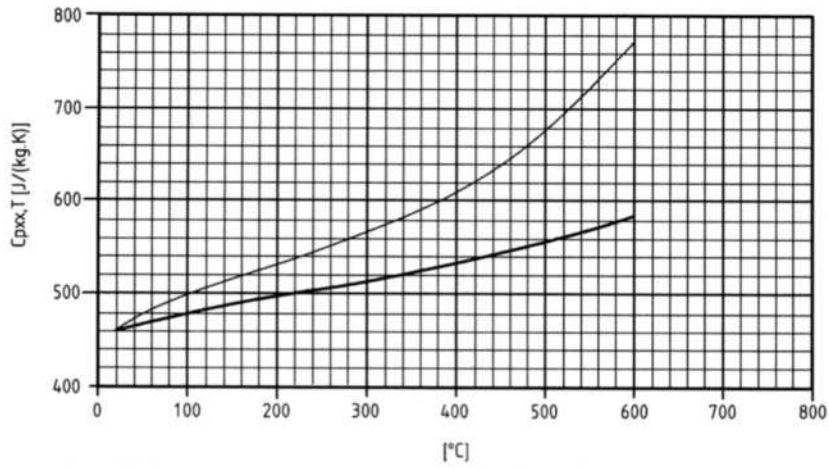
## O.4.3 Obrázky pre fyzikálne vlastnosti ocelí



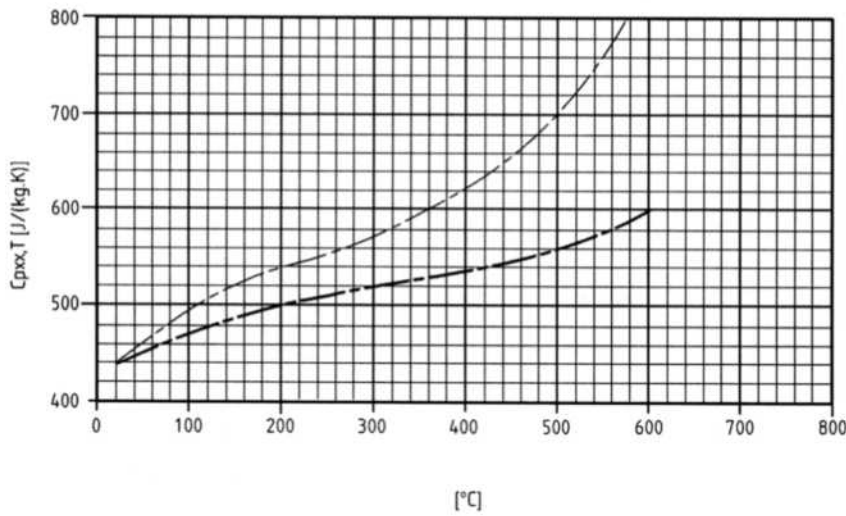
Obrázok O-1 – Modul pružnosti pre ocel'



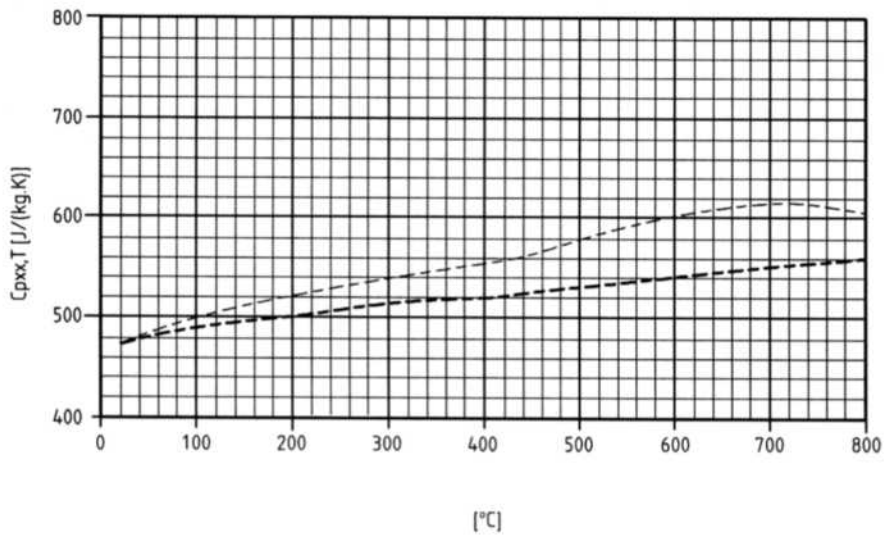
Obrázok O-2 – Súčiniteľ lineárnej teplotnej rozťažnosti



a) skupina 1 až 5.3

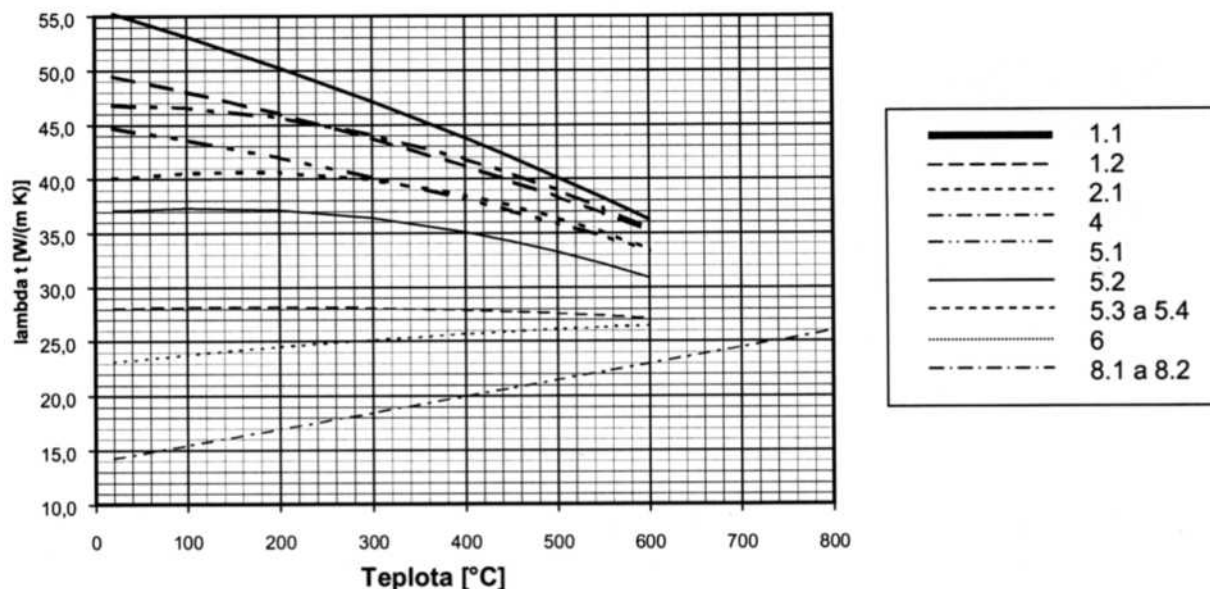


b) skupina 6.1 až 6.4



c) skupina 8.1 a 8.2

Obrázok O-3 – Merné teplo pre ocel'



Obrázok O-4 – Súčiniteľ tepelnej vodivosti

## O.5 Literatúra

- [1] EN 12952-3: 2001, Annex D „Water-tube boilers and auxilliary installations. Part 3: design and calculation of pressure parts. Annex D: Physical properties of steels“ [Vodorúrkové kotly a pomocné zariadenia. Časť 3: Navrhovanie a výpočet tlakových častí. Príloha D: Fyzikálne vlastnosti]
- [2] SEW 310 (Stahl-Eisen-Werkstoffblätter des Vereins Deutscher Eisenhüttenwerke) „Physical properties of steels“ [Fyzikálne vlastnosti ocelí] in German, 1. Edition, August 1992, Düsseldorf
- [3] British Standard BS 3059, Part 2: „Steel Boiler and Superheater Tubes“ [Oceľové kotly a prehrievače] 1990 edition
- [4] CODAP (French code for construction of unfired pressure vessels), Part C „Calculation rules“ 1995 edition, SNCT, Paris [Francúzske predpisy pre navrhovanie nevyhrievaných tlakových nádob. Časť C: Výpočtové pravidlá]
- [5] CR ISO 15608: 2000, Welding – Guidelines for a metallic material grouping system (ISO/TR 15608: 2000). [Zváranie. Pokyn pre skupinový systém kovových materiálov]