



Slévárenské materiály a progresivní technologie

Tepelná kapacita látek

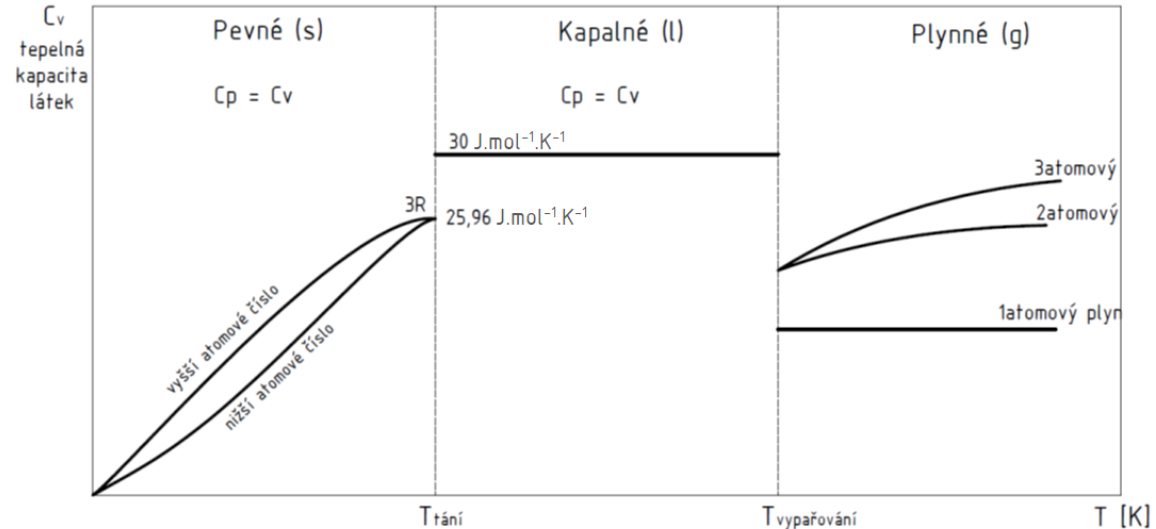
?

Tepelná kapacita látek

- Množství tepla připadající na určité látkové množství = způsobí změnu teploty látky o 1K.
- Molová tepelná kapacita C [$\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$];
- Měrná tepelná kapacita c [$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$].
- Jsou závislé na teplotě: $C = f(T)$ – zjišťují se experimentálně.
- Pro určité chemické sloučeniny jsou známé.

$$C = M \cdot c$$

M – relativní molová hmotnost [$\text{kg}\cdot\text{kmol}^{-1}$]



Tepelná kapacita látek

- V metalurgii uvažujeme, že děje probíhají za $p = \text{konst.} \rightarrow C_p$,
- s $\uparrow T \dots \dots \uparrow C_p$,
- $\uparrow C \dots \dots$ látky se pomaleji ohřívají a naopak chladnou.

$$C_p = f(T) \quad [\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$$

$$C_p = a + b \cdot T + c \cdot T^{-2}$$

- platnost jen pro určitý teplotní interval

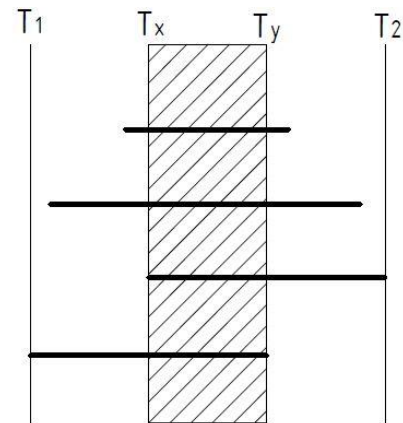
prvek

M c_p

N c_p

O c_p

P c_p



- V metalurgii neměníme pouze fáze, ale měníme i podstatu látek, tzn. jedna látka reaguje s druhou – **výpočet změny tepelné kapacity v průběhu reakce ΔC_p** .

Tepelná kapacita látek

- **Výsledná změna tepelných kapacit celé soustavy** – rozdíl součtu tepelných kapacit látek vystupujících z reakce a součtu tepelných kapacit látek vstupujících =
- ΔC_p po ukončení reakce je dána rozdílem kapacit konečných látek (produktů) a výchozích látek.

$$\Delta C_p = \sum (n \cdot C_p)_{\text{produkty}} - \sum (n \cdot C_p)_{\text{výchozí}}$$

$$C_p = a + b \cdot T + c \cdot T^{-2}$$

$$\Delta C_p = \Delta a + \Delta b \cdot T + \Delta c \cdot T^{-2}$$

$$\Delta a = \sum (n \cdot a)_{\text{produkty}} - \sum (n \cdot a)_{\text{výchozí}}$$

$$\Delta b = \sum (n \cdot b)_{\text{produkty}} - \sum (n \cdot b)_{\text{výchozí}}$$

$$\Delta c = \sum (n \cdot c)_{\text{produkty}} - \sum (n \cdot c)_{\text{výchozí}}$$

Tepelná kapacita látek

Prvek, sloučenina	Atomová, molekul. hmotnost	Modifikační přeměna		Tání		Vypařování		Tepelné kapacity $C_p = a + b \cdot T + c \cdot T^{-2}$ [J/mol·K]				Slučovací entalpie (ΔH_{298}^0) _{sl} [J/mol]	Standardní entropie S_{298}^0 [J/mol·K]
		$t_{př}$ [°C]	$\Delta H_{př}$ [J/mol]	$t_{tá}$ [°C]	$\Delta H_{tá}$ [J/mol]	t_{vyp} [°C]	ΔH_{vyp} [J/mol]	a	b·10 ³	c·10 ⁻⁵	Teplotní rozmezí [K]		
Ag (s)	107,87			960,8	11 260			23,97	5,28	-0,25	298 - $T_{tá}$	0	42,70
Ag (l)						2200	251 160	30,56	-	-	$T_{tá} - 1600$	0	
Ag ₂ O (s)	231,74							55,51	29,47	-	298 - 500	- 26 550	121,81
Al (s)	26,98			659	10 460			20,68	12,39	-	298 - $T_{tá}$	0	28,33
Al (l)						2500	291 350	29,30	-	-	$T_{tá} - 1273$	0	
Al ₂ O ₃ (s)	101,96			2050	108 840			114,61	12,89	-34,33	298 - 1800	-1675 660	51,07
Au (s)	196,97			1063	12 850			23,89	5,19	-	298 - $T_{tá}$	0	47,47
Au (l)						2950	343 950	29,30	-	-	$T_{tá} - 1600$	0	
Be (s)	9,01			1284	11 720	2400	308 930	19,00	6,87	-3,43	298 - 1173	0	9,54
BeO (s)	25,01			2530	71 180	4120	470 920	35,37	16,74	-13,27	298 - 1175	- 598 980	14,11
Bi (s)	208,98			271,3	10890			18,79	22,60	-	298 - $T_{tá}$	0	56,93
Bi (l)						1680	179 160	31,39	-	-	$T_{tá} - 1300$	0	
Bi ₂ O ₃ (s)	465,96			817	28 470			103,56	33,48	-	298 - 800	- 578 090	151,11
C(s,grafit)	12,01			4700	138 170			17,16	4,27	-8,79	298 - 2300	0	5,73
C(s,diam.)								8,72	13,23	- 6,19	298 - 1200	1900	2,38
CH ₄ (g)	16,03							23,25	47,89	-1,93	298 - 1500	- 78 890	184,39
CO (g)	28,01							32,99	4,08	-0,46	298 - 2500	-110 550	197,49
CO ₂ (g)	44,01							44,16	10,50	-8,53	298 - 2500	-393 690	213,74

Tepelná kapacita látek - příklad

- Určete změnu tepelné kapacity pro reakci: $Al_2O_3 + 3 CO \leftrightarrow 2 Al_{(s)} + 3 CO_2$

$$\Delta C_p = \sum (n \cdot C_p)_{produkty} - \sum (n \cdot C_p)_{výchozí}$$

$$\Delta C_p = \Delta a + \Delta b \cdot T + \Delta c \cdot T^{-2}$$

- Z tabulky:

Al_2O_3	$114,61 + 12,89 \cdot 10^{-3} T - 34,33 \cdot 10^5 T^{-2}$	298 - 1800 K
CO	$32,99 + 4,08 \cdot 10^{-3} T - 0,46 \cdot 10^5 T^{-2}$	298 - 2500 K
Al	$20,68 + 12,39 \cdot 10^{-3} T - 0$	298 - 933 K
CO_2	$44,16 + 10,5 \cdot 10^{-3} T - 8,53 \cdot 10^5 T^{-2}$	298 - 2500 K

Tepelná kapacita látek - příklad

$$\Delta a = \sum(n \cdot a)_{\text{produkty}} - \sum(n \cdot a)_{\text{výchozí}}$$

$$\Delta a = (2 \cdot 20,68 + 3 \cdot 44,16) - (114,61 + 3 \cdot 32,99) = -39,74$$

$$\Delta b = \sum(n \cdot b)_{\text{produkty}} - \sum(n \cdot b)_{\text{výchozí}}$$

$$\Delta b = [(2 \cdot 12,39 + 3 \cdot 10,5) - (12,89 + 3 \cdot 4,08)] \cdot 10^{-3} = 31,15 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta c = \sum(n \cdot c)_{\text{produkty}} - \sum(n \cdot c)_{\text{výchozí}}$$

$$\Delta c = [(2 \cdot 0 + 3 \cdot (-8,53)) - (-34,33 + 3 \cdot (-0,46))] \cdot 10^5 = 10,12 \cdot 10^5$$

$$\Delta C_p = \Delta a + \Delta b \cdot T + \Delta c \cdot T^{-2}$$

$$\Delta C_p = -39,74 + 31,15 \cdot 10^{-3} \cdot T + 10,12 \cdot 10^5 \cdot T^{-2} \quad \text{platí pro interval [298 - 933 K]}$$

Tepelná kapacita látek - příklad

- Stanovte změnu tepelné kapacity této reakce v rozmezí teplot [933 - 1273 K]:

$$\Delta a^* = \sum(n \cdot a^*)_{produkty} - \sum(n \cdot a^*)_{výchozí}$$

$$\Delta b^* = \sum(n \cdot b^*)_{produkty} - \sum(n \cdot b^*)_{výchozí}$$

$$\Delta c^* = \sum(n \cdot c^*)_{produkty} - \sum(n \cdot c^*)_{výchozí}$$

Tepelná kapacita látek - příklad

Al_2O_3	$114,61 + 12,89 \cdot 10^{-3} T - 34,33 \cdot 10^5 T^{-2}$	298 - 1800 K
CO	$32,99 + 4,08 \cdot 10^{-3} T - 0,46 \cdot 10^5 T^{-2}$	298 - 2500 K
Al	29,30 + 0 - 0	933 - 1273 K
CO_2	$44,16 + 10,5 \cdot 10^{-3} T - 8,53 \cdot 10^5 T^{-2}$	298 - 2500 K

$$\Delta a = (2 \cdot 29,3 + 3 \cdot 44,16) - (114,61 + 3 \cdot 32,99) = -22,5$$

$$\Delta b = [(2 \cdot 0 + 3 \cdot 10,5) - (12,89 + 3 \cdot 4,08)] \cdot 10^{-3} = 6,37 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta c = [(2 \cdot 0 + 3 \cdot (-8,53)) - (-34,33 + 3 \cdot (-0,46))] \cdot 10^5 = 10,12 \cdot 10^5$$

$$\Delta C_p^* = -22,5 + 6,37 \cdot 10^{-3} \cdot T + 10,12 \cdot 10^5 \cdot T^{-2}$$

platí pro interval [933 - 1273 K]



Děkuji za pozornost