

Výpočet vysokopecnej vsádzky (výpočtový manuál)

Tabuľka č.1 Základné údaje

Surovina	Obsah zložiek [%]							
	Fe	Mn	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	S
Aglomerát	48,44	0,91	13,3	3,4	12,32	1,05	0,035	0,025
Pelety 1	44,1	2,65	6,8	4,4	15,3	3	0,03	0,18
Pelety 2	48	3	3,2	7	9,5	3	0,02	0,15
Pelety 3	59,1	0,3	4,35	0,27	9,7	0,24	0,01	0,02
Mn ruda	2,3	32,1	3	1,25	16,5	1,9	0,15	0,05
Vápenec	-	-	55,5	0,23	0,25	0,1	-	-
Koks (popol)	11,5	0,2	4,1	1,6	46,6	24,1	0,3	-

Tabuľka č.2 Požadované chemické zloženie oceliarskeho SŽ

prvok	obsah [%]
C	4,57
Si	0,77
Mn	0,80
P	0,08
S	0,03
Fe	93,75

Tabuľka č.3 Požiadavky na trosku

prvok	obsah [%]
Fe do trosky	1
Mn do trosky	45
S v plyn.forma	10

Zásaditosť trosky: $CaO/SiO_2=1,1$

Tabuľka č.4 Množstvo použitej vsádzky na 1tonu SŽ

Surovina	[kg/tSŽ]
Aglomerát	-
Pelety 1	20
Pelety 2	10
Pelety 3	580
Mn ruda	-

Tabuľka č.5 Parametre koksu

Koks	množstvo	jednotka
Spotreba na 1t SŽ	480	[kg/tSŽ]
Obsah popola v kokse	10,5	[%]
Obsah síry v kokse	0,65	[%]

Postup výpočtu:

1. Výpočet množstva aglomerátu a mangánovej rudy

- a) Výpočet jednotlivých prvkov v 1000 kg surového železa
- b) Výpočet obsahu Mn a Fe vo vsádzke, uvažuje sa prechod Mn a Fe do trosky
- c) Výpočet množstva popola a výpočet množstva jednotlivých zložiek, prinášaných do vsádzky popolom
- d) Z bilancie Fe a Mn zostavenie rovníc o dvoch neznámych (jedna neznáma- množstvo aglomerátu a druhá- množstvo mangánovej rudy)
Riešením rovníc vypočítať množstvo aglomerátu a množstvo Mn rudy na 1t SŽ

2. Výpočet množstva troskotvorných látok vo vsádzke

3. Výpočet množstva SiO_2 , ktoré prejde do trosky

4. Výpočet množstva síry, ktorá prejde do trosky z bilančnej rovnice síry

- a) Množstvo síry prinášané vsádzkou
- b) Množstvo síry v SŽ
- c) Množstvo síry odstránenej v plynnej forme

5. Výpočet potrebných zásad

- a) S uvažovaním dodržania zásaditosti trosky
- b) S uvažovaním množstva potrebných zásad na viazanie síry
- c) S uvažovaním množstva zásad prinesených vsádzkovými materiálmi

6. Výpočet potrebného množstva vápenca s uvažovaním voľných zásad vápenca

7. Výpočet množstva troskotvorných látok prinášaných vápencom

8. Výpočet množstva trosky

- a) S uvažovaním prechodu Fe a Mn do trosky
- b) S uvažovaním prechodu S do trosky
- c) S uvažovaním troskotvorných látok zo vsádzky
- d) Určenie chemického zloženia trosky

9. Kontrola zásaditosti trosky

10. Kontrola chemického zloženia surového železa

1. Výpočet množstvá aglomerátu a mangánovej rudy

a) Výpočet jednotlivých prvkov v 1000 kg surového železa

Vychádza sa z chemického zloženia surového železa- tabuľka č. 2

$$\begin{array}{l} 4,57 \% \text{ C} \Rightarrow 4,57 \text{ kg C} \dots\dots\dots 100 \text{ kg SŽ} \\ \underline{\quad x \text{ kg C} \dots\dots\dots 1000 \text{ kg SŽ}} \\ \mathbf{x = 937,5 \text{ kg C}} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 0,77 \% \text{ Si} \Rightarrow 0,77 \text{ kg Si} \dots\dots\dots 100 \text{ kg SŽ} \\ \underline{\quad x \text{ kg Si} \dots\dots\dots 1000 \text{ kg SŽ}} \\ \mathbf{x = 7,7 \text{ kg Si}} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 0,8 \% \text{ Mn} \Rightarrow 0,8 \text{ kg Mn} \dots\dots\dots 100 \text{ kg SŽ} \\ \underline{\quad x \text{ kg Mn} \dots\dots\dots 1000 \text{ kg SŽ}} \\ \mathbf{x = 8,0 \text{ kg Mn}} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 0,08 \% \text{ P} \Rightarrow 0,08 \text{ kg P} \dots\dots\dots 100 \text{ kg SŽ} \\ \underline{\quad x \text{ kg P} \dots\dots\dots 1000 \text{ kg SŽ}} \\ \mathbf{x = 0,8 \text{ kg P}} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 0,03 \% \text{ S} \Rightarrow 0,03 \text{ kg S} \dots\dots\dots 100 \text{ kg SŽ} \\ \underline{\quad x \text{ kg S} \dots\dots\dots 1000 \text{ kg SŽ}} \\ \mathbf{x = 0,3 \text{ kg S}} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 93,75 \% \text{ Fe} \Rightarrow 93,75 \text{ kg Fe} \dots\dots\dots 100 \text{ kg SŽ} \\ \underline{\quad x \text{ kg Fe} \dots\dots\dots 1000 \text{ kg SŽ}} \\ \mathbf{x = 937,5 \text{ kg Fe}} \end{array}$$

V 1000 kg SŽ je: 45,7kg C, 7,7 kg Si, 8 kg Mn, 0,8 kg P, 0,3 kg S, 937,5 kg Fe,

b) Výpočet obsahu Mn a Fe vo vsádzke, uvažuje sa prechod Mn a Fe do trosky

$$\text{Fe}_{\text{vs}} = \text{Fe}_{\text{SŽ}} + \text{Fe}_{\text{troska}}$$

$$\text{Mn}_{\text{vs}} = \text{Mn}_{\text{SŽ}} + \text{Mn}_{\text{troska}}$$

$$Fe_{vs} = Fe_{S\check{Z}} + Fe_{troska}$$

$$Fe_{vs} = 99 \% Fe_{S\check{Z}} + 1 \% Fe_{troska}$$

$$937,5 \text{ kg Fe} \dots\dots\dots 99 \%$$

$$\underline{\quad x \text{ kg Fe} \dots\dots\dots 1 \%}$$

$$x = 9,47 \text{ kg Fe}$$

1 % je 9,47 kg Fe, ktoré sa stratí troskou

$$Fe_{vs} = Fe_{S\check{Z}} + Fe_{troska}$$

$$Fe_{vs} = 937,5 + 9,47 = \mathbf{946,97 \text{ kg Fe}}$$
 musí byť vo vsádzke

$$Mn_{vs} = Mn_{S\check{Z}} + Mn_{troska}$$

$$Mn_{vs} = 55 \% Mn_{S\check{Z}} + 45 \% Mn_{troska}$$

$$8,0 \text{ kg Mn} \dots\dots\dots 55 \%$$

$$\underline{\quad x \text{ kg Mn} \dots\dots\dots 45 \%}$$

$$x = 6,54 \text{ kg Fe}$$

45 % je 6,54 kg Mn, ktoré sa stratí troskou

$$Mn_{vs} = Mn_{S\check{Z}} + Mn_{troska}$$

$$Mn_{vs} = 8 + 6,54 = \mathbf{14,54 \text{ kg Mn}}$$
 musí byť vo vsádzke

c) Výpočet množstva popola a výpčet množstva jednotlivých zložiek, prinášaných do vsádzky popolom

Množstvo popola: spotreba koksu vynásobená obsahom popola v kokse

$$\text{Popol} = 480 \text{ kg} \times 0,105 = \mathbf{50,4 \text{ kg popola}}$$

Zložky prinášané popolom

$$\text{Fe:} \quad 50,4 \text{ kg} \dots\dots\dots 100 \%$$

$$\underline{\quad x \text{ kg} \dots\dots\dots 11,5 \%}$$

$$x = 5,796 \text{ kg Fe}$$

zložky	obsah zložiek [%]	zložky prinášané popolom [kg]
Fe	11,5	5,796
Mn	0,2	0,101
CaO	4,1	2,066
MgO	1,6	0,806
SiO ₂	46,6	23,486
Al ₂ O ₃	24,1	12,146

d) Z bilancie Fe a Mn zostavenie rovníc o dvoch neznámých (jedna neznáma- množstvo aglomerátu a druhá - množstvo mangánovej rudy)

Riešením rovníc vypočítať množstvo aglomerátu a množstvo Mn rudy na 1t SŽ

$$Fe_{vs} = Fe_{aglom.} + Fe_{pel. 1.} + Fe_{pel. 2.} + Fe_{pel. 3.} + Fe_{r. Mn.} + Fe_{paliva}$$

$$Mn_{vs} = Mn_{aglom} + Mn_{pel. 1.} + Mn_{pel. 2.} + Mn_{pel. 3.} + Mn_{r. Mn.} + Mn_{paliva}$$

$$946,97 = 0,4844 \times a + 0,441 \times 20 + 048 \times 10 + 0,591 \times 580 + 0,023 \times b + 5,796$$

$$14,54 = 0,0091 \times a + 0,0265 \times 20 + 0,03 \times 10 + 0,002 \times 58 + 0,321 \times b + 0,101$$

a = množstvo aglomerátu, kg .t⁻¹ SŽ

b = množstvo mangánovej rudy, kg .t⁻¹ SŽ

po úprave rovnice dostanú tvar:

$$4844 a + 230 b - 5847740 = 0$$

$$\underline{91 a + 3210 b - 124490 = 0}$$

Riešením rovníc sa určí **a, b**

a = 1206,66 kg aglomerátu na 1000 kg SŽ

b = 4,59 kg mangánovej rudy na 1000 kg SŽ

2.Výpočet množstva troskotvorných látok vo vsádzke

$$MeO_{vs} = MeO_{aglom.} + MeO_{pel. 1.} + MeO_{pel. 2.} + MeO_{pel. 3.} + MeO_{r. Mn.} + MeO_{paliva}$$

$$\text{CaO}_{\text{vs}} = 0,133 \times 1206,66 + 0,068 \times 20 + 0,032 \times 10 + 0,0435 \times 580 + 0,03 \times 4,59 + 2,066$$

$$= \mathbf{189,643 \text{ kg}}$$

$$\text{MgO}_{\text{vs}} = 0,034 \times 1206,66 + 0,044 \times 20 + 0,07 \times 10 + 0,0027 \times 580 + 0,0125 \times 4,59 + 0,806$$

$$= \mathbf{45,047 \text{ kg}}$$

$$\text{SiO}_2_{\text{vs}} = 0,1232 \times 1206,66 + 0,153 \times 20 + 0,095 \times 10 + 0,097 \times 580 + 0,165 \times 4,59 +$$

$$+ 23,486 = \mathbf{233,209 \text{ kg}}$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,0105 \times 1206,66 + 0,03 \times 20 + 0,03 \times 10 + 0,0024 \times 580 + 0,019 \times 4,59 + 12,14$$

$$= \mathbf{27,198 \text{ kg}}$$

3. Výpočet množstva SiO₂, ktoré prejde do trosky

prebieha reakcia: $\text{SiO}_2 + 2 \text{C} \rightarrow \text{Si} + 2 \text{CO}$

$$60 \text{ kg SiO}_2 \dots\dots\dots 28 \text{ kg Si}$$

$$\underline{x \text{ kg SiO}_2 \dots\dots\dots 7,7 \text{ kg Si}}$$

$$x = 16,5 \text{ kg SiO}_2$$

16,5 kg SiO₂ neprejde do trosky

do trosky prejde: $233,209 - 16,5 = 216,709 \text{ kg SiO}_2$

V troske je 216,709 kg SiO₂

4. Výpočet množstva síry, ktorá prejde do trosky z bilančnej rovnice síry

a) Množstvo síry prinášané vsádzkou

$$S_{\text{vs}} = S_{\text{aglom.}} + S_{\text{pel. 1.}} + S_{\text{pel. 2.}} + S_{\text{pel. 3.}} + S_{\text{r. Mn.}} + S_{\text{paliva}}$$

$$S_{\text{vs}} = 0,00025 \times 1206,66 + 0,0018 \times 20 + 0,0015 \times 10 + 0,0002 \times 580 + 0,0005 \times 4,59 +$$

$$+ 0,0065 \times 480 = 3,591 \text{ kg}$$

b) Množstvo síry v SŽ

$$S_{\text{vs}} = S_{\text{SŽ}} + S_{\text{troska}} + S_{\text{plyn}}$$

c) Množstvo síry odstránenej v plynnej forme

$$S_{\text{plyn}} = 0,1 \times 3,591 = \mathbf{0,3591 \text{ kg}}$$

$$S_{\text{vs}} = S_{\text{SŽ}} + S_{\text{troska}} + S_{\text{plyn}}$$

$$3,591 = 0,3 + S_{\text{troska}} + 0,3591$$

$$S_{\text{troska}} = 2,932 \text{ kg}$$

5. Výpočet potrebných zásad

a) S uvažovaním dodržania zásaditosti trosky

V prípade, že by sa neuvažovalo s úpravou zásaditosti trosky prídavkom vápenca, zásaditosť trosky by bola:

$$P_2 = \frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3} = \frac{189,643 + 45,047}{216,709 + 27,198} = 0,96$$

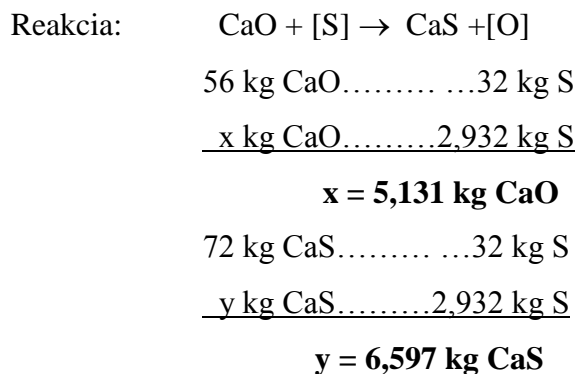
Pre zásaditosť trosky 1,1 je potrebné $\text{CaO} + \text{MgO} = 1,1(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$

$$\text{CaO} + \text{MgO} = 1,1(216,709 + 27,198) = 268,297 \text{ kg}$$

zásad dodať vo forme troskotvorných látok

b) S uvažovaním množstva potrebných zásad na viazanie síry

Na viazanie S do trosky vo forme CaS je potrebné:



c) S uvažovaním množstva zásad prinesených vsádzkovými materiálmi

Celkové množstvo potrebných zásad je:

$$(268,297 + 5,131) = 273,428 \text{ kg, z toho vsádzkové materiály prinášajú}$$

$(189,643 + 45,047) = 234,690$ kg zásad a chýbajúce množstvo

$273,428 - 234,690 = 38,738$ kg zásad je nevyhnutné dodať vo forme vápenca.

6. Výpočet potrebného množstva vápenca s uvažovaním voľných zásad vápenca

$(\text{CaO} + \text{MgO})_{\text{vap.}} - p_2 \text{ trosky } (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)_{\text{vap}} = (55,5 + 0,23) - 1,1 (0,25 + 0,1) = 55,34 \%$

voľných zásad vápenca

Prepočet na potrebné množstvo vápenca:

100 kg vápenca.....55,345 kg zásad

x kg vápenca.....38,738 kg chýbajúcich zásad

$$x = 69,99 \text{ kg vápenca}$$

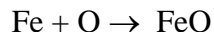
7. Výpočet množstva troskotvorných látok prinášaných vápencom

Zložky	Množstvo vápenca kg	Obsah zložiek %	Zložky prinášané vápencom kg
CaO	69,99	55,5	38,844
MgO	69,99	0,23	0,161
SiO ₂	69,99	0,25	0,175
Al ₂ O ₃	69,99	0,1	0,069

8. Výpočet množstva trosky

a) S uvažovaním prechodu Fe a Mn do trosky

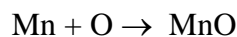
Fe v troske je vo forme FeO, teda množstvo FeO v troske:



56 kg Fe.....72 kg FeO

9,47 kg Fe.....x kg FeO

$$x = 12,17 \text{ kg FeO}$$



55kg Mn.....71 kg MnO

6,54 kg Mn.....x kg MnO

$$x = 8,442 \text{ kg MnO v troske}$$

b) S uvažovaním prechodu S do trosky

Množstvo CaS v troske je rovné 6,597 kg. (výpočet je v 5b)

c) S uvažovaním troskotvorných látok zo vsádzky**d) Určenie chemického zloženia trosky**

Zložka	Celkové množstvo trosky a chemické zloženie trosky				
	Zložka vsádzkou okrem vápenca [kg]	prinášaná vápencom [kg]	zmeny [kg]	Celkové množstvo zložky [kg]	Podiel zložky [%]
CaO	189,643	38,844	5,131	223,356	41,37
MgO	45,047	0,161		45,208	8,37
SiO ₂	233,209	0,175	16,5	216,884	40,17
Al ₂ O ₃	27,198	0,069		27,267	5,05
FeO			12,176	12,176	2,26
MnO			8,442	8,442	1,56
CaS			6,597	6,597	1,22
Celkové množstvo trosky, [kg]				539,93	100

9. Kontrola zásaditosti trosky

Kontrola dodržania predpísanej zásaditosti trosky $p_2 = 1,1$

$$P_2 = \frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3} = \frac{41,37 + 8,37}{40,17 + 5,05} = 1,0999$$

Rozdiel činí 0,009 %, teda je možné konštatovať, že z hľadiska zásaditosti trosky uvedený výpočet vsádzky vyhovuje.

10. Kontrola chemického zloženia surového železa

Kontrola sa robí porovnaním požadovaného a vypočítaného obsahu Fe a Mn:

Surovina	Obsah suroviny	Množstvo Fe	Vypočítane množstvo Fe
	[%]	[kg]	[kg]
aglomerát	48,44	1206,66	584,666
pelety 1	44,10	20,00	8,820
pelety 2	48,00	10,00	4,800
pelety 3	59,10	580,00	342,780
Mn ruda	2,30	4,59	0,105
popol z koksu	11,50	50,40	5,796
celkové množstvo železa			946,967

946,967 kg Fe celkove vo vsádzke, z toho 9,469 kg Fe prejde do trosky a teda:

$946,967 - 9,469 = 937,498$ kg Fe do surového železa, čo činí 93,7498% Fe a požadovaný obsah Fe podľa zadania je 93,75 % Fe. Rozdiel činí 0,0002 %.

Analogicky sa urobí výpočet pre Mn a zistí sa, že rozdiel je 0,05%.

Z kontroly chemického zloženia SŽ vyplýva, že výpočet je vyhovujúci a teda zloženie vysokopecnej vsádzky je nasledovné:

Vsádzkový materiál	Množstvo	Podiel z kovonosnej
	[kg.t] SŽ	vsádzky [%]
Aglomerát	1206,66	aglomerát celkom
Pelety 1	20	66,24
Pelety 2	10	pelety celkom
Pelety 3	580	33,48
Mn ruda	4,59	0,25
Kovonosná vsádzka celkom	1821,55	100
Vápenec	69,99	
Merná spotreba koksu	480	
Vsádzka celkom	2371,54	
Merné množstvo trsoky	539,93	