Практическое занятие 11
Составление таблицы материального баланса плавки свинецсодержащей шихты

Расчет состава отходящих газов
Основные реакции при шахтной плавке:

$PbO + CO = Pb + CO_2$ (1)
$2PbO + PbS = 3Pb + SO_2$ (2)
$PbSO_4 \rightarrow PbO + SO_2 + 0{,}5O_2$ (3)
$PbO_2 \rightarrow PbO + 0{,}5O_2$ (4)
$CaCO_3 = CaO + CO_2$ (5)

Заслуживают внимания следующие взаимодействия:

$PbS + 3PbSO_4 \rightarrow 4PbO + 4SO_2$ (6)
$PbS + PbSO_4 \rightarrow 2Pb + 2SO_2$ (7)
$Pb + PbSO_4 = 2PbO + SO_2$ (8)

Не усложняя расчета, можно $PbSO_4$ перевести в PbO по реакции (3).
Количество PbS, взаимодействующего в реакции (2):

$$3{,}962 – 0{,}207 = 3{,}755 \text{ кг.}$$

Для протекания реакции необходимо PbO (x) и образуется SO_2 (y):

$$\begin{array}{ccccc} x{=}7{,}01 & & 3{,}755 & & y{=}1{,}01 \\ 2PbO & + & PbS & = 3Pb + & SO_2 \\ 446 & & 239 & & 64 \end{array}$$

Аналогично просчитываем реакции (3) и (4):

$$\begin{array}{ccccccc} 26{,}065 & & x{=}19{,}18 & & y{=}5{,}51 & & z{=}1{,}38 \\ PbSO_4 & \rightarrow & PbO & + & SO_2 & + & 0{,}5O_2 \\ 303 & & 223 & & 64 & & 16 \end{array}$$

$$\begin{array}{ccccc} 11{,}841 & & x{=}11{,}05 & & y{=}0{,}79 \\ PbO_2 & \rightarrow & PbO & + & 0{,}5O_2 \\ 239 & & 223 & & 16 \end{array}$$

Таким образом, с учетом PbO, имеющегося в шихте, образуется оксида свинца:

$$11{,}642 + 19{,}18 + 11{,}05 - 7{,}01 = 34{,}86 \text{ кг.}$$

Для его восстановления (по реакции 1) потребуется CO:

$$\begin{array}{ccccc} 34{,}86 & x=4{,}377 & & y=6{,}878 \\ PbO & + & CO & = & Pb + CO_2 \\ 223 & & 28 & & 44 \end{array}$$

Разлагается 0,06 кг $CaCO_3$:

$$\begin{array}{ccc} 0{,}06 & & x=0{,}026 \\ CaCO_3 & = & CaO + CO_2 \\ 100 & & 44 \end{array}$$

Таким образом, образуется всего CO_2:

$$14{,}19 + 6{,}878 + 0{,}026 = 21{,}094 \text{ кг.}$$

Остается неизрасходованного CO:

$$9{,}03 - 4{,}377 = 4{,}65 \text{ кг.}$$

Всего выделится SO_2:

$$1{,}01 + 5{,}51 = 6{,}52 \text{ кг.}$$

Освободится кислорода по реакциям (3) и (4):

$$1{,}38 + 0{,}79 = 2{,}17 \text{ кг.}$$

С учетом химических взаимодействий получается следующий состав отходящих газов (таблица 6).

Таблица 6 – Количество и состав (в %) отходящих газов

Составляющие газа	кг	% (по массе)	$м^3$	% (объемн.)
CO	4,65	4,82	3,72	5,19
CO_2	21,094	21,86	10,76	15,02
SO_2	6,52	6,76	2,27	3,17
N_2	51,82	53,71	41,46	57,86
O_2	2,17	2,25	1,52	2,12
H_2O	0,36	0,4	0,95	1,33
Прочие*	9,875	10,23	10,97	15,31
Итого	96,49	100,0	71,65	100,0
* 12,147 - (0,262 + 0,86 + 0,174 + 0,976) = 9,875				

В данной таблице обращают на себя внимание два обстоятельства:

1) несмотря на восстановительную плавку в газах появился кислород за счет разложения PbO_2 и $PbSO_4$. Можно было бы откорректировать расход воздуха, уменьшив на 2,17 кг расход кислорода, но этого не следует делать, так как кислород выделяется в верхних горизонтах шахты печи и не принимает участия в горении углерода;

2) в составляющие газа включена строка «Прочие составляющие» (цифра 9,875). При металлургических расчетах их распределяют между продуктами плавки, что и сделано в расчете.

На основании приведенных расчетов составим таблицу материального баланса (таблица 7).

Таблица 7 – Материальный баланс плавки

Поступило	кг	%	Получено	кг	%
Свинецсодержащий материал	100,0	56,42	Черновой свинец	67,4 1,18	38,03 0,67
Железная руда	0,89	0,5	Штейн	3,0	1,69
Известняк	0,06	0,03	Пыль	9,055	5,11
Кокс	9,0	5,08	Шлак	96,49+0,125	54,51
Воздух	67,3	37,97	Газ+невязка		
Всего	177,25	100,0	Всего	177,25	100,0

Плавку свинцовых аккумуляторов на сурьмянистый свинец производят не только в шахтных, но и в электрических печах. Расчет электроплавки аналогичен расчету шахтной плавки, но не нужен кокс в таком большом количестве. Тепло получается за счет электрической энергии. Кокс нужен только для восстановления оксидов металлов. Расход его в этом случае составляет примерно 2 % от массы шихты. Соответственно уменьшится объем газов.