Лабораторная работа № 1
Расчет шихты для агломерирующего обжига свинцового концентрата

Под расчетом шихты следует понимать определение количественного соотношения материалов (руд, концентратов и флюсов) в смеси, которая подвергается спекающему обжигу. При спекающем обжиге свинцовых шихт на большинстве заводов получают самоплавкий агломерат. Поэтому при расчете шихты спекающего обжига предусматривается добавка флюсов в таком количестве и соотношении, чтобы при последующей шахтной плавке получать заданное количество шлака заранее выбранного состава. Вследствие этого расчет шихты для спекающего обжига фактически является и расчетом шихты для плавки.

Средний состав свинцового концентрата: 50,2% Pb, 14,5% SiO_2, 7,5% Fe, 2,5% CaO, 3,0% Zn, 1,25% Cu, 15,2% S, 0,5% Al_2O_3.

Завод располагает такими флюсами: железная руда, содержащая 55% Fe (или 70,7% FeO) и 15,0% SiO_2, и известняк, содержащий 54,2% CaO и 0,4% SiO_2.

Требуется рассчитать шихту спекающего обжига для получения самоплавкого агломерата.

1.1 Подсчет штейна

Расчет будем вести на 100 кг концентрата. Примем десульфуризацию при плавке 30%, а содержание меди в штейне 10%. В столь бедный штейн удается переводить много меди из шихты. Предположим, что 80% меди перейдет в штейн (1,25-0,80 = 1,0 кг Cu). Тогда выход штейна определится в 10 кг.

Состав штейна принимаем следующий: 10% Cu, 10% Pb, 20% S, 5% Zn и 55% Fe (по разности).

Приняв во внимание десульфуризацию, подсчитаем количество серы, которое должно содержаться в агломерате, полученном из 100 кг концентрата: $(10 \cdot 0{,}2 \cdot 100)/70 \approx 2{,}9$ кг S.

Приняв выход агломерата от сырого концентрата 90%, определим содержание серы в агломерате: $(2{,}9 \cdot 100)/90 \approx 3{,}2\%$.

Таким образом, обжиг нужно вести с 15,2% S в концентрате до 3,2% S в агломерате. Десульфуризация при обжиге составит $((15{,}2-2{,}9)/15{,}2) \cdot 100 \approx 81\%$.

1.2 Подсчет шлака

Предварительно подсчитаем состав шлака при условии самоплавкости концентрата, т.е. при плавке без всяких флюсов.

В шлак полностью перейдут из концентрата SiO_2, CaO и Fe за вычетом перешедшего в штейн, т.е. 7,5-5,5 = 2,0 кг Fe, или, в пересчете на закись железа (FeO), $(2 \cdot 71{,}8)/55{,}8 \approx 2{,}6$ кг.

Подсчитаем состав шлака и сведем результаты в таблицу 1.1.

Таблица 1.1

Состав шлака

Компоненты	кг	%
SiO_2	14,5	66,7
FeO	2,6	11,7
CaO	2,5	11,6
ИТОГО:	19,6	90,0

При плавке без флюсов получается очень кислый шлак с малым содержанием FeO и CaO; следовательно, концентрат несамоплавкий и требуются флюсы: железная руда и известняк.

Для подсчета количества флюсов нужно задаться типом шлака. Так как концентраты, принятые в расчете, довольно чистые от загрязнений (мало цинка и глинозема), то при выборе шлака можно воспользоваться таблицей типичных шлаков. Чтобы как можно меньше расходовать флюсов, необходимо в данном случае выбрать тип шлака с максимальным содержанием SiO_2:

– тип М, содержащий 36% SiO_2, 31% FeO и 23% CaO;

– тип Р, содержащий 35% SiO_2, 27% FeO и 28% CaO;

– тип П, содержащий 35% SiO_2, 38% FeO и 17% CaO.

Шлаки М и Р имеют весьма ограниченную растворяющую способность для цинка (в них много CaO). Так как в нашем концентрате цинк все же присутствует, то выбираем шлак менее известковый, а именно тип П.

Подсчитаем флюсующую способность железной руды по выбранному типу шлака исходя из следующего соотношения:

на 35 кг SiO_2 в шлаке требуется – 38 кг FeO,
на 15 кг SiO_2 в железной руде – x кг FeO:

$x=(38\cdot15)35=16,3$ кг FeO.

Свободной FeO остается 70,7-16,3 = 54,4 кг, или флюсующая способность железной руды равна 54,4%.

Необходимое количество железной руды определится таким путем:

на 35 кг SiO_2 в шлаке требуется – 38 кг FeO,
на 14,5 кг SiO_2 в концентрате – x кг FeO:

$x=(38\cdot14,5)/35=15,8$ кг FeO.

За вычетом FeO, переходящей в шлак из концентрата, необходимо добавить 15,8-2,6 = 13,2 кг FeO или железной руды $(13,2\cdot100)/54,4=24,3$ кг.

Подсчитаем флюсующую способность известняка по следующему соотношению:

на 35 кг SiO_2 в шлаке требуется – 17 кг CaO,
на 0,4 кг SiO_2 – x CaO:

x=(17·0,4)/35=0,2 кг CaO.

Свободной CaO остается 54,2-0,2 = 54 кг, или флюсующая способность известняка равна 54%.

SiO_2 в концентрате 14,5 кг, в железной руде: 24,3-0,15 = 3,6 кг. Итого 18,1 кг.

Нужное количество известняка определится таким путем:
на 35 кг SiO_2 в шлаке требуется – 17 кг CaO,
на 18,1 кг SiO_2 в железной руде и концентрате – x CaO:

x=(17·18,1)/35=8,8 кг CaO.

За вычетом CaO, переходящей в шлак из концентрата, требуется добавить 8,8-2,5 = 6,3 кг CaO или известняка (6,3·100)/54=11,7 кг.

Теперь все полученные результаты расчета сведем в общую таблицу 1.2, произведя следующие дополнительные расчеты:

– Fe = 20,9 – 5,5 = 15,4 кг, или FeO 15,4 · 71,8 : 55,8 = 19,8 кг;

– SiO_2 + FeO + CaO = 18,2 + 19,8 + 8,8 = 46,8 кг, что составляет 90% от шлака; выход шлака равен 46,8 · 100 : 90 = 52 кг;

– Zn = 3 – 0,5 = 2,5 кг; в шлак перейдет 80%, или 2,5 · 0,80 = 2 кг Zn, что составляет 2 · 81,4 : 65,4 = 2,4 кг ZnO;

– принимаем, по данным практики, содержание 2% S в шлаке;

– предполагаем, что 3% Pb уйдет с газами, или 50,2 0,03 = 1,5 *кг* Pb;

– остальной свинец перейдет в черновой свинец: 50,2 – (1 + 0,5 + 1,5) = =47,2 *кг* Pb;

– принимаем, что в черновом свинце содержится 99% Pb (чистый концентрат, нет As, Sb, Sn, плавка с образованием штейна).

Таблица 1.2

Результаты расчеты шихты

Материалы и продукты плавки	Всего		Pb		SiO_2		Fe		CaO		Zn		S		Cu		Al_2O_3	
	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%
Загружено:																		
концентрата	100	73,5	50,2	50,2	14,5	14,5	7,5	7,5	2,5	2,5	3,0	3,0	15,2	15,2	1,25	1,25	0,5	0,5
железной руды	24,3	18,0	–	–	3,6	15,0	13,4	55,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
известняка	11,7	8,5	–	–	0,1	0,4	–	–	6,3	54,2	–	–	–	–	–	–	–	–
Итого:	136	100,0	50,2	37	18,2	13,4	20,9	15,4	8,8	6,5	3,0	2,2	15,2	11,2	1,25	1,0	0,5	0,4
Получено:																		
штейна	1,0	–	1	10	–	–	5,5	55	–	–	0,5	5,0	2	20	1	10	–	–
							FeO				ZnO							
шлака	52	–	0,5	1,0	18,2	35,0	19,8	38	8,8	17,0	2,4	4,6	1	2,0	0,25	0,5	0,5	1,0
чернового свинца	47,7	–	47,2	99	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
газов+пыли	–	–	1,5	Не учитывается														

Таблица 1.3

Распределение свинца в продуктах плавки

Продукты плавки	кг	%
Черновой свинец	47,2	94
Штейн	1,0	2
Шлак	0,5	1
Газ+пыль	1,5	3
Итого:	50,2	100

Из таблицы 1.2 видно, что состав шлака, полученного в результате расчета шихты, точно совпал с тем, которым задавались ранее. Это говорит о том, что расчет шихты произведен правильно. По данным таблицы 8.2 подсчитаем распределение свинца (таблица 8.3) и состав агломерата после второго обжига, задаваясь выходом агломерата 90%; например, 13,4 кг SiO_2 полностью перешли при обжиге в 90 кг агломерата, а потому и составляют в нем (13,4 · 100)/10 = 14,9% и т.д. Состав агломерата после второго обжига: 41% Pb, 14,9% SiO_2, 17,6% Fe, 7,2% CaO, 2,45% Zn, 1,1% Cu, 0,5% Al_2O_3, 3,2% S.

На этом расчет шихты спекающего обжига можно считать законченным. Процентный состав шихты обжига приведен в таблице 1.3. Расчет был произведен по методу пропорций.

Теперь решим ту же металлургическую задачу расчета шихты спекающего обжига другим путем – с помощью алгебраического метода. Этот метод является более простым и точным, но менее наглядным. Обозначим через х количество железной руды и через у – количество известняка, которые следует добавить к 100 кг концентрата. Подсчет штейна остается прежним. Для подсчета флюсов оставляем ранее выбранный тип шлака. Составляем таблицу шлакообразователей (таблица 1.4), пользуясь которой можно написать три следующих уравнения:

$SiO_2 = 14,5 + 0,15\ x + 0,004\ y,$
$FeO = 2,6 + 0,707\ x,$
$CaO = 2,5 + 0,542\ y.$

Таблица 1.4

Шлакообразователи

Материалы	Всего кг	SiO_2		FeO		CaO	
		%	кг	%	кг	%	кг
Концентрат	100	14,5	14,5	2,6	2,6	2,5	2,5
Железная руда	x	15	0,15x	70,7	0,707x	–	–
Известняк	y	0,4	0,04y	–	–	54,2	0,542y

В нашем шлаке

$$FeO = \frac{38}{35} SiO_2 \quad \text{и} \quad FeO = \frac{38}{17} CaO.$$

Подставляя значения FeO, CaO, SlO_2 в эти уравнения, получим следующие уравнения

$$(2,6 + 0,707x)FeO = \frac{38}{35}(14,5 + 0,15x + 0,004y)SiO_2$$

и

$$(2,6+ 0,707x)FeO = \frac{38}{17}(2,5+ 0,542y)CaO.$$

Решив эти уравнения, находим, что x = 24,3 кг и y = 11,6 кг. Далее потребовалось бы составить сводную таблицу (аналогичную таблице 1.2), чтобы проверить правильность подсчета флюсов. Но так как количество флюсов, определенное по алгебраическому методу, почти в точности совпало с ранее подсчитанным количеством флюсов по методу пропорций, то в составлении такой проверочной таблицы нет необходимости. Расчет можно считать правильным.