Лабораторная работа № 3
Расчет процесса выщелачивания обожженного цинкового концентрата

Расчет процесса предполагает определение рационального состава обожженного концентрата; выхода цинковых кеков, их химический и рациональный состав; количество катодного цинка, получаемого за сутки; количество обожженного цинкового концентрата, перерабатываемого за сутки; количество нейтрального раствора, поступающего ежесуточно на электролиз; количество H_2SO_4, требующееся в процессах выщелачивания и электролиза для компенсации потерь кислоты; количество и состав медно-кадмиевых кеков; количество отработанного электролита; количество промывных вод; материальный баланс выщелачивания.

На цинковый электролитный завод производительностью 50000 т чушкового цинка в год поступает на выщелачивание обожженный цинковый концентрат среднего состава: 60% Zn, 1% Pb, 10% Fe, 2% Cu, 0,2% Cd, 0,5% S_S, 2% S_{SO_4}, 0,42% CaO, 1% SiO_2 и 0,5% Al_2O_3.

При подсчете рационального состава обожженного цинкового концентрата будем полагать, что:

– вся сульфидная сера связана с цинком в виде ZnS;

– свинец связан наполовину в виде PbO и наполовину в виде $PbSO_4$;

– вся остальная сульфатная сера связана с цинком в виде $ZnSO_4$;

– все железо связано в виде $ZnO \cdot Fe_2O_3$.

Результаты подсчета рационального состава обожженного концентрата сведем в таблицу 3.1.

Таблица 3.1

Рациональный состав обожженного цинкового концентрата, т

Соединения	Zn	Pb	Cu	Fe	S_S	S_{SO_4}	Cd	SiO_2	CaO	MgO	O_2	Всего
ZnS	1,02	–	–	–	0,5	–	–	–	–	–	–	1,52
$ZnSO_4$	3,92	–	–	–	–	1,92	–	–	–	–	3,84	9,68
ZnO	49,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	12,04	61,24
$ZnO \cdot Fe_2O_3$	5,86	–	–	10,0	–	–	–	–	–	–	5,73	21,59
$PbSO_4$	–	0,5	–	–	–	0,08	–	–	–	–	0,16	0,74
PbO	–	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–	0,04	0,54
CuO	–	–	2,0	–	–	–	–	–	–	–	0,50	2,50
CdO	–	–	–	–	–	–	0,2	–	–	–	0,07	0,27
SiO_2	–	–	–	–	–	–	–	1,0	–	–	–	1,0
CaO	–	–	–	–	–	–	–	–	0,42	–	–	0,42
MgO	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,5	–	0,50
Итого:	60,0	1,0	2,0	10,0	0,5	2,0	0,2	1,0	0,42	0,5	22,38	100,0

Подсчитаем выход и состав цинковых кеков – твердых остатков от выщелачивания. Принимаем, что при выщелачивании:

– цинк в виде ZnO и $ZnSO_4$ растворяется полностью;

– цинк в виде ZnS и $ZnO \cdot Fe_2O_3$ остается в кеках;

– медь, присутствующая в виде CuO, наполовину растворяется и наполовину остается в кеках;

– кадмий полностью растворяется;

– PbO, CaO, MgO сульфатизируются полностью.

Результаты подсчета химического и рационального состава цинковых кеков сведем в таблицу 3.2.

Таблица 3.2

Рациональный и химический состав цинковых кеков, кг

Соединения	Zn	Fe	Pb	S_S	S_{SO_4}	Cu	SiO_2	CaO	MgO	O_2	Всего
ZnS	1,02	–	–	0,5	–	–	–	–	–	–	1,52
$ZnO \cdot Fe_2O_3$	5,86	10,0	–	–	–	–	–	–	–	5,73	21,59
$PbSO_4$	–	–	1,0	–	0,16	–	–	–	–	0,32	1,48
CuO	–	–	–	–	–	1,0	–	–	–	0,25	1,25
SiO_2	–	–	–	–	–	–	1,0	–	–	–	1,0
$CaSO_4$	–	–	–	–	0,24	–	–	0,42	–	0,36	1,02
$MgSO_4$	–	–	–	–	0,4	–	–	–	0,50	0,6	1,50
Итого:											
кг	6,88	10,0	1,0	0,5	0,8	1,0	1,0	0,42	0,50	7,26	29,36
%	23,4	34,0	3,4	1,7	2,7	3,4	3,4	1,4	1,7	24,9	100,00

Примем, что в цинковых кеках содержится 35% влаги, или

$(29{,}36 \cdot 35)/65 = 15{,}8$ кг H_2O.

Количество влажных кеков: 29,36 + 15,8 = 45,16 кг.

По данным рационального состава обожженного цинкового концентрата (таблица 12.1) можно подсчитать количество растворимого цинка. Не растворится при выщелачивании слабыми растворами серной кислоты, кг:

сульфидная форма цинка	1,02
ферритная форма цинка	5,86
Итого	6,88,

что от 60 кг составляет 11,5%.

Отсюда количество растворимого цинка составит 100 – 11,5 = 88,5%.

Принимаем, что цинк, перешедший в дроссы при переплавке катодных осадков, возвращается в процесс выщелачивания, и тогда на долю безвозвратных потерь можно принять при хорошей работе 1,5%. Общее извлечение цинка в чушковой металл составит 88,5 – 1,5 = 87%.

Для получения 50 тыс. т чушкового цинка в год, считая 360 рабочих дней в году, необходимо выдавать ежедневно 138,9 т.

Принимаем, что из катодного цинка 4% перейдет в дросс (при переплавке катодного цинка в электропечах следует принимать, что в дроссы переходит 2-2,5% Zn) при переплавке и 4% будет израсходовано для производства цинковой пыли. Тогда выход катодного цинка в сутки составит (138,9·100)/92=151 т.

Количество обожженного цинкового концентрата, перерабатываемого за сутки, определится следующим образом. Дросс, получаемый при переплавке катодов, возвращают обратно на выщелачивание, но цинковую пыль (4%), расходуемую на очистку растворов от меди и кадмия, лишь частично растворяют, а остальную ее часть выводят из процесса с медно-кадмиевыми кеками. Для упрощения подсчетов примем, что цинк из цинковой пыли вовсе не извлекают. Тогда суточная переработка обожженного цинкового концентрата составит 138,9/(0,87·0,96·0,60)=277 т.

Суточное количество цинковых кеков определится из следующего соотношения:

из 100 кг огарка получается – 29,36 кг кеков,
из 277 000 кг огарка – x кг кеков,

x=(29,36·277000)/100=81327 кг или 81,3 т.

Влаги в кеках содержится 35%, или (81,3·35)/65=43,7 т.

Суточное получение влажных кеков: 81,3 + 43,7 = 125 т.

Для подсчета количества нейтрального раствора, поступающего ежесуточно на электролиз, необходимо задаться количеством цинка, высаживаемого с каждого литра раствора. Величина эта на разных заводах колеблется в больших пределах и является функцией режима электролиза, который в свою очередь зависит от очень многих факторов: чистоты электролита, стоимости электроэнергии и т. п. На современных заводах все чаще пользуются средней катодной плотностью тока 500-600 а/м^2 вместо прежних 350-450 а/м^2 и средней кислотностью электролита 120-140 г/л H_2SO_4. Принимая такой же режим электролиза и в данном расчете, можно считать, что в нейтральном растворе содержится 120 г/л Zn, а в отработанном 40 г/л Zn и 120 г/л H_2SO_4. В этом случае с каждого литра раствора будет высаживаться на катоде 120 – 40 = 80 г Zn. Поэтому ежесуточно потребуется пропускать через электролитные ванны 151,0/0,08=1888 м^3 нейтрального раствора.

Так как удельный вес такого раствора при 20° равен 1,1308, то это составит 1888 · 1,1308 = 2135 т нейтрального раствора.

Для компенсации потерь серной кислоты в процессах выщелачивания и электролиза в обожженном концентрате оставляют некоторое количество сульфатной серы. В данном расчете принято 2% S_{SO_4} в огарке, из которых 1,92% полезной сульфатной серы (таблица 12.1). Подсчитаем, хватит ли этой сульфатной серы для возмещения ее расхода.

Весь расход сульфатной серы, кг:

– на сульфатизацию в кеке:		
Pb в виде $PbSO_4$	0,08	0,72
Ca в виде $CaSO_4$	0,24	
Mg в виде $MgSO_4$	0,40	
– на растворение 1 кг Cu	0,5	0,56
– на растворение 0,2 кг Cd	0,06	
– с 1,5% теряемого цинка в виде		
$ZnSO_4$	0,44	
Итого	1,72	

Так как в процесс вводится 1,92 кг S_{SO_4}, то при расходе 1,72 кг добавлять серную кислоту не потребуется.

Подсчитаем количество и состав медно-кадмиевых кеков. В течение суток перейдет в раствор 277 · 0,01 = 2,77 г Cu и 277 · 0,002 = 0,55 г Cd.

Очистка растворов от меди и кадмия производится цинковой пылью и осуществляется по следующим реакциям:

$$CuSO_4 + Zn = ZnSO_4 + Cu, \qquad (3.1)$$

$$CdSO_4 + Zn = ZnSO_4 + Cd. \qquad (3.2)$$

Теоретический расход цинковой пыли составит, т:

– для осаждения меди (65,4·2,77)/63,6=2,85	
– для осаждения кадмия (65,4·0,55)/112,4=0,32	
Итого	3,17

Практически, нами было принято, что 4% от всего катодного цинка будет расходоваться для этой цели, или 151 · 0,04 = 6,04 т в сутки, т.е. расход цинковой пыли будет примерно вдвое больше теоретически необходимого количества. Избыточная пыль в количестве 6,04 – 3,17 = 2,87 т перейдет в медно-кадмиевые кеки. В этих кеках сумма Cu + Cd + Zn составляет 60%. Всего перейдет в медно-кадмиевые кеки:

	т	%
Zn	2,87	28,0
Cu	2,77	26,7
Cd	0,55	5,3
Итого	6,19	60

Ежесуточное получение медно-кадмиевых кеков составит (6,19·100)/60=10,3 т.

Подсчитаем суточное количество отработанного электролита.

С каждого кубического метра нейтрального раствора высаживается 80 кг цинка, или всего за сутки 80 · 1888 = 151 040 кг, или 151 т.

Кроме того, выделяется кислород у анода по реакции

$H_2O + ZnSO_4 = Zn + H_2SO_4 + 0{,}5O_2$

в количестве, которое можно подсчитать из следующего соотношения:

на 65,4 т Zn выделяется – 16 г O_2,
на 151 т Zn – x т O_2,
x=(16·151)/65,4=37 т.

Суточное количество отработанного электролита равно 2135–(151+37)=1947 т.

Вода берется на промывку кеков в таком количестве, в каком она выводится из процесса с цинковыми и медно-кадмиевыми кеками, а также с учетом ее испарения.

Примем, что испарение воды составляет 2% от количества нейтрального раствора, или 2135 · 0,02 = 42,7 т воды.

Примем, что в медно-кадмиевых кеках содержится 30% H_2O, или 10,3·0,30 = 3,1 т воды.

Всего будет израсходовано воды, т:

– с цинковыми кеками	43,7
– с медно-кадмиевыми кеками	3,1
– на испарение	42,7
Итого	89,5

Результаты всех подсчетов сведем в общую таблицу материального баланса выщелачивания (таблица 3.3).

Таблица 3.3

Материальный баланс выщелачивания

Приход	т	Расход	т
Обожженный концентрат	277,0	Нейтральный раствор	2135,0
Отработанный электролит	1947,0	Влажные цинковые кеки	125,0
Вода для промывки кеков	89,5	Медно-кадмиевые кеки	10,3
		Испарение воды	42,7
		Невязка	+0,5
Итого	2313,5	Итого	2313,5