**Конрольная работа**

**по дисциплине: «Металлургия тяжелых металлов»**

**на тему: «Предварительный обжиг**

**цинковых концентратов для дистилляционного процесса»**

Выполнил: студент гр

Челябинск

2009 год

На цинковом дистилляционном заводе подвергают предварительному обжигу концентрат такого состава (в мас.%):

Таблица 1. Химический состав концентрата

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  Zn |  Pb |  Cu |  Fe |  S |  Cd |  SiO2 |  CaO |  MgO | Прочие |
|  52,5 |  2,5 |  1,7 |  5,8 |  31,9 |  0,5 |  2,1 |  0,6 |  0,9 |  1,5 |

Требуется рассчитать:

1. Рациональный состав сырого (необожжённого) концентрата;

2. Количество обожжённого цинкового концентрата, а также его химический и рациональный состав;

3. Количество воздуха, необходимого для предварительного обжига концентрата до порошка;

4. Количество и состав обжиговых газов;

5. Материальный баланс обжига;

6. Тепловой баланс обжига.

Подсчитаем рациональный состав сырого концентрата, полагая, что металлы в нём находятся в виде следующих соединений: Zn в виде ZnS; Pb-PbS; Cu-CuFeS2; Cd-CdS; Fe-FeS2 и Fe7S8 ;CaO-CaCO3и Mg-MgCO3. Расчёт ведём на 100 кг концентрата.

Количество жидкого минерала по элементам, входящим в этот минерал, рассчитывают по соотношениям атомных масс. Приведём примеры расчетов.

Количество ZnS (сфалерит) на 100 кг концентрата:

65,4 кг Zn требуют 32 кг S (по молекулярным массам)

52,5 кг Zn - x кг S;

*xs*=(52,5•32)/65,4=25,69 *кг*, *mZnS*=78,19 *кг.*

Количество PbS (галенит) на 100 кг концентрата:

207,2 кг Pb требуют 32 кг S

2,5 кг Pb - *x* кг S;

*xS*=(2,5•32)/207,2=0,39 *кг*, *mPbS*=2,89 *кг*.

Количество CuFeS2 (халькопирит) на 100 кг концентрата:

183,4 кг CuFeS2 содержат 63,6 кг Cu

*x* кг CuFeS2 - 1,7 кг Cu;

*xCuFeS2*=(183,4•1,7)/63,6=4,9 *кг*.

В халькопирите содержится серы:

183,4 кг CuFeS2 содержат 64 кг S

4,9 кг CuFeS2 - *x* кг S;

*xS*=(4,9•64)/183,4=1,71 *кг*.

В CdS содержится серы:

116,36 кг CdS содержат 32 кг S

0,5 кг Cd содержат *x* кг S;

*xS*=(32•0,5)/116,36=0,14 *кг.*

Количество железа в халькопирите:

183,4 кг CuFeS2 содержат 55,8 кг Fe

4,9 кг CuFeS2 - *x* кг Fe;

*xFe*=(4,9•55,8)/183,4=1,49 *кг*.

Согласно расчёту требуется серы для образования, кг:

ZnS-25,69;

PbS-0,39;

CuFeS2-1,71;

CdS-0,14

Итого: 27,93.

Остальная часть серы в количестве 31,9-27,93=3,97 кг будут связана с железом в виде FeS2 (пирит) и Fe7S8 (пирротин). Для этих соединений осталось железа 5,8-1,49=4,31 кг.

Примем, что с пиритом связано «а» кг железа, тогда с пирротином (4,31-а) кг железа. Если количество серы в пирите «b» кг, то в пирротине (3,97-b) кг серы. Составляем два следующих уравнения:

для пирита:

55,8 кг Fe требуют 64 кг S

а кг Fe - b кг S;

*x* =b=(64•a)/55,8=1,147a

для пирротина:

(55,8•7) кг Fe требуют (32•8) кг S

(4,31-а) кг Fe - (3,97-b) кг S.

Отсюда, (3,97-1,147а)=(4,31-а)•0,655;

а=2,33 кг;

b=2,67 кг.

Количество FeS2=2,33+2,67=5 кг;

Количество Fe7S8=(4,31-2,33)+(3,97-2,67)=3,28 кг.

Количество CaCO3:

56,1 кг CaO требуют 44,0 кг CO

0,6 кг CaO - *x* кг CO;

*xСО2* =(0,6•44)/56,1=0,47 *кг*,

*mСaCO3=*0,6+0,47=1,07 *кг*.

Количество MgCO3:

40,3 кг MgO требуют 44,0 кг CO2

0,9 кг MgO - *x* кг CO;

*xCO2* =(0,9•44)/40,3=0,98 *кг*,

*mMgCO3* =0,9+0,98=1,88 *кг.*

Данные по рациональному составу сырого концентрата приведены в табл.2.

Таблица 2.

Рациональный состав сырого цинкового концентрата, %

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Соединение | Zn | Pb | Cu | Cd | Fe | S | CaO | MgO | CO2  | SiO2  | Прочие | Всего |
| ZnS | 52,5 |  |  |  |  | 25,69 |  |  |  |  |  | 78,19 |
| PbS |  | 2,5 |  |  |  | 0,39 |  |  |  |  |  | 2,89 |
| CuFeS2 |  |  | 1,7 |  | 1,49 | 1,71 |  |  |  |  |  | 4,90 |
| CdS |  |  |  | 0,5 |  | 0,14 |  |  |  |  |  | 0,64 |
| FeS2 |  |  |  |  | 2,33 | 2,67 |  |  |  |  |  | 5,00 |
| Fe7S8  |  |  |  |  | 1,98 | 1,30 |  |  |  |  |  | 3,28 |
| CaCO3  |  |  |  |  |  |  | 0,6 |  | 0,47 |  |  | 1,07 |
| MgCO3  |  |  |  |  |  |  |  | 0,9 | 0,98 |  |  | 1,88 |
| SiO2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2,1 |  | 2,10 |
| Прочие (поразности) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0,05 | 0,05 |
| Итого: | 52,5 | 2,5 | 1,7 | 0,5 | 5,8 | 31,90 | 0,6 | 0,9 | 1,45 | 2,1 | 0,05 | 100 |

Подсчитаем рациональный состав огарка. Принимаем, что концентрат обжигают в виде порошка в печи с механическим перегребанием, а затем на спекательной машине. В предварительно обожжённом концентрате оставляем 7,9% общей серы, причём 0,9% находится в виде SSO3 и 7,0% в виде SS. В концентрате наиболее трудно обжигающийся сульфид ZnS, поэтому допустим, что вся сульфидная сера будут связана в огарке только с цинком. Сульфатную серу распределяем следующим образом: половину свинца, оксида кальция и оксида магния связываем в сульфатную форму, а остальную серу связываем с цинком в ZnSO4.

Принимаем, что все карбонаты, присутствующие в концентрате, при обжиге диссоциируют полностью; железо окисляется наполовину до Fe2O3 и наполовину до Fe3O4; вся медь окислиться до Cu2O и весь кадмий-до CdO.

Принимаем, что полуобожжённого концентрата будет получено 87% от сырого. Тогда в огарке будет содержаться 0,783 кг SSO3 и 6,09 кг SS.

Результаты подсчётов рационального и химического составов полуобожжённого концентрата представлены в табл.3.

Количество ZnS:

65,4 кг Zn требует 32 кг SS

x кг Zn - 6,09 кг SS

xZn=(65,4•6,09)/32=12,45 кг,

mZnS=12,45 + 6,09=18,54 кг.

Количество PbO:

207,2 кг Pb требует 16 кг O2

1,25 кг Pb - x кг O2

xO2=(1,25•16)/207,2=0,097 кг,

mPbO=1,25 + 0,097=1,347 кг.

Количество Cu2O:

127,2 кг Cu требует 16 кг O2

1,7 кг Cu - x кг O2

x O2=(16•1,7)/127,2=0,2 кг,

mCu2O=1,7+ 0,2=1,9 кг.

Количество Fe2O3:

111,6 кг Fe требует 48 кг O2

2,9 кг Fe - x кг O2

xO2=(2,9•48)/111,6=1,25 кг,

mFe2O3=1,25 + 2,9=4,15 кг.

Количество Fe3O4:

167,4 кг Fe требует 64 кг O2

2,9 кг Fe - x кг O2

xO2=(2,9•64)/167,4=1,11 кг,

mFe3 O4=1,11 + 2,9=4,01 кг.

Количество CdO:

112,4 кг Cd требует 16 кг O2

0,5 кг Cd - x кг O2

xO2=(0,5•16)/112,4=0,07 кг,

mCdO=0,5 + 0,07=0,57кг.

Количество PbSO4:

303,2 кг PbSO4 содержат 207,2 кг Pb

x кг PbSO4 - 1,25 кг Pb

xPbSO4=(303,2•1,25)/207,2=1,83 кг.

В PbSO4 содержится серы:

303,2 кг PbSO4 содержат 32 кг SS03

1,83 кг PbSO4 - x кг SS03

xSO3=(1,83•32)/303,2=0,19 кг.

В PbSO4 содержится кислорода:

303,2 кг PbSO4 содержат 64 кг O2

1,83 кг PbSO4 - x кг O2

xO2=(1,83•64)/303,2=0,39 кг.

Количество CaSO4:

136,1 кг CaSO4 содержат 57,1 кг CaO

x кг CaSO4 - 0,3 кг CaO

xCaSO4=(136,1•0,3)/57,1=0,72 кг.

В CaSO4 содержится серы:

136,1 кг CaSO4 содержат 32 кг SS03

0,72 кг CaSO4 - x кг SS03

xSO3=(0,72•32)/136,1=0,17 кг.

В CaSO4 содержится кислорода:

136,1 кг CaSO4 содержат 48 кг O2

0,72 кг CaSO4 - x кг O2

xO2=(0,72•48)/136,1=0,25 кг.

Количество MgSO4:

120,3 кг MgSO4 содержат 40,3 кг MgO

x кг MgSO4 - 0,45 кг MgO

xMgSO4=(120,3•0,45)/40,3=1,34 кг.

В MgSO4 содержится серы:

120,3 кг MgSO4 содержат 32 кг SS03

1,34 кг MgSO4 - x кг SS03

xSO3=(1,34•32)/120,3=0,356 кг.

В MgSO4 содержится кислорода:

120,3 кг MgSO4 содержат 48 кг O2

1,34 кг MgSO4 - x кг O2

xO2=(1,34•48)/120,3=0,53 кг.

Количество ZnSO4:

161,4 кг ZnSO4 содержат 32 кг SS03

x кг ZnSO4 - 0,067 кг SS03

xZnSO4=(161,4•0,067)/32=0,34 кг.

В ZnSO4 содержится цинка:

161,4 кг ZnSO4 содержат 65,4 кг Zn

0,34 кг ZnSO4 - x кг Zn

xZn=(65,4•0,34)/161,4=0,14 кг.

В ZnSO4 содержится кислорода:

161,4 кг ZnSO4 содержат 64 кг O2

0,34 кг ZnSO4 - x кг O2

xO2=(64•0,34)/161,4=0,13 кг.

ZnZnO=52,5-12,45-0,13=39,92 кг.

Количество ZnO:

65,4 кг Zn требует 16 кг O2

39,92 кг Zn - x кг O2

xO2=(39,92•16)/65,4=9,77 кг,

mZnO=39,92 + 9,77=49,69 кг.

Таблица 3.

Рациональный состав полуобожжённого концентрата, %

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Соеди-нения | Zn | Pb | Cu | Cd | Fe | SS  | SSO3  | CaO | MgO | SiO2  | O2  |  |  |
| кг | % |
| ZnO | 39,92 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 9,77 | 49,69 | 56,94 |
| ZnSO4  | 0,14 |  |  |  |  |  | 0,067 |  |  |  | 0,13 | 0,337 | 0,37 |
| ZnS | 12,45 |  |  |  |  | 6,09 |  |  |  |  |  | 18,54 | 21,24 |
| PbO |  | 1,25 |  |  |  |  |  |  |  |  | 0,097 | 1,347 | 1,54 |
| PbSO4  |  | 1,25 |  |  |  |  | 0,19 |  |  |  | 0,39 | 1,83 | 2,10 |
| CaO |  |  |  |  |  |  |  | 0,3 |  |  |  | 0,3 | 0,34 |
| CaSO4  |  |  |  |  |  |  | 0,17 | 0,3 |  |  | 0,25 | 0,72 | 0,83 |
| MgO |  |  |  |  |  |  |  |  | 0,45 |  |  | 0,45 | 0,52 |
| MgSO4  |  |  |  |  |  |  | 0,356 |  | 0,45 |  | 0,53 | 1,336 | 1,53 |
| Fe2O3  |  |  |  |  | 2,90 |  |  |  |  |  | 1,25 | 4,15 | 4,76 |
| Fe3O4  |  |  |  |  | 2,90 |  |  |  |  |  | 1,11 | 4,01 | 4,59 |
| Cu2O |  |  | 1,70 |  |  |  |  |  |  |  | 0,2 | 1,9 | 2,18 |
| SiO2  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2,1 |  | 2,1 | 2,41 |
| CdO |  |  |  | 0,50 |  |  |  |  |  |  | 0,07 | 0,57 | 0,65 |

Итого:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| кг  | 52,50 | 2,50 | 1,7 | 0,50 | 5,80 | 6,09 | 0,78 | 0,6 | 0,9 | 2,1 | 13,797 | 87,3 | — |
| % | 60,20 | 2,86 | 1,95 | 0,57 | 6,65 | 6,98 | 0,85 | 0,69 | 1,03 | 2,41 | 15,81 | — | 100 |

Из этой таблицы видно, что после уточнения выход огарка составил 87,27 % от сырого цинкового концентрата. Подсчитаем десульфурацию при обжиге.

При обжиге должно выгорать серы:

31,9-(0,78+6,09)=25,03 кг.

Десульфурация составит, следовательно:

(25,03•100)/31,9=78,46 %.

Принимаем, что 8% S сгорает в SO3 и остальные 92%-в SO2. Масса серы, сгорающей в SO3, составит:

25,03•0,08=2 кг.

Масса серы, сгорающей в SO2:

25,03•0,92=23,03 кг.

Рассчитаем необходимое количество кислорода. Количество кислорода для образования сернистого ангидрида SO2:

(23,03•32)/32=23,03 кг.

Масса SO2=23,03+23,03=46,06 кг.

Количество кислорода для образования серного ангидрида SO3:

(48•2)/32=3 кг.

Масса SO3=2+3=5 кг.

Теоретически требуется кислорода при обжиге 100 кг концентрата:

• для окисления металлов (согласно табл.3)-13,797 кг;

• для окисления серы до SO2-23,03 кг;

• для окисления серы до SO3–3 кг.

Итого: 39,827 кг.

Кислород в печь вводится вместе с воздухом, в котором содержится 23% кислорода, что составит:

(39,827•77)/23=133,3 кг азота.

Теоретическое количество воздуха составит:

39,827+133,3=173,16 кг.

Объём этого воздуха=m/p=173,16/1,293=133,92 м3

Результаты расчётов сведём в табл.4.

Таблица 4. Теоретический состав обжиговых газов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Компоненты | кг | м3 | об.% | p, кг/м |
| SO2  | 46,06 | 16,10 | 13,17 | 2,86 |
| SO3  | 5,00 | 1,38 | 1,13 | 3,62 |
| CO2  | 1,45 | 0,76 | 0,62 | 1,90 |
| N 2 | 133,3 | 103,119 | 85,08 | 1,25 |
| Итого: | 185,81 | 121,359 | 100 |  |

Практически обжиг проводится при большом избытке воздуха; примем в данном расчёте двойное количество воздуха.

В состав избыточного воздуха входит:

O2: 173,16•0,23=39,827 кг или 30,8 м3

N2: 173,16•0,77=133,3 кг или 103,119 м3

Итого: 173,16 кг или 133,92 м3

Количество и состав обжиговых газов при двойном избытке воздуха приведён в табл.5.

Таблица 5. Количество и состав обжиговых газов при двойном избытке воздуха

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Компоненты | кг | p, кг/м | м3 | об.% |
| SO2  | 46,06 | 2,86 | 16,10 | 6,34 |
| SO3  | 5,00 | 3,62 | 1,38 | 0,54 |
| CO2  | 1,45 | 1,90 | 0,76 | 0,30 |
| N2 | 259,94 | 1,25 | 207,96 | 81,91 |
| O2 | 38,82 | 1,428 | 27,68 | 10,91 |
| Итого: | 351,27 |  | 253,88 | 100 |

Материальный баланс предварительного обжига цинковых концентратов представлен в табл.6.

Таблица 6. Материальный баланс обжига

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Приход | кг | Расход | кг |
| СыройКонцентрат | 100,0 | ПолуобожжённыйКонцентрат | 87,30 |
| Воздух |  | Газы: |  |
|  |  | азот | 259,94 |
|  |  | кислород | 38,82 |
|  |  | сернистый ангидрид  | 46,06 |
|  |  | серный ангидрид | 5,00 |
|  |  | двуокись углерода | 1,45 |
|  |  | невязка | 0,05 |
| Итого | 338,62 | Итого: | 438,62 |

**Тепловой баланс обжига**

**Приход тепла:**

1. Окисление сульфида цинка по реакции:

ZnS+1,5O2=ZnO+SO2+105630 кал.

По этой реакции окислится (39,92•97,4)/65,4=59,45 *кг* ZnS.

Количество цинка, соответствующее данному количеству ZnS берём из табл.3. При этом будет получено (105630•59,45•103)/97,4=64473,34 ккал.

2. Окисление сульфида цинка по реакции:

ZnS+2O2=ZnSO4+185380 кал.

По этой реакции окислиться (0,14•97,4)/65,4=0,209 кг Zn и будет получено (185380•0,209•103)/97,4=397,77 ккал.

3. Окисление сульфида свинца по реакции:

PbS+1,5O2=PbO+SO2+100820 кал.

Количество сульфида свинца, окисляющееся по этой реакции

(1,25•239,2)/207,2=1,44 кг PbS,

При этом будет получено (100820•1,44•103)/239,2=606,94 ккал.

4. Окисление сульфида свинца по реакции:

PbS+2O2=PbSO4+196960 кал.

Окислиться по этой реакции (1,25•239,2)/207,2=1,44 кг PbS, и будет получено (196960•1,44•103)/239,2=1185,71 ккал.

5. Окисление сульфида кадмия по реакции:

CdS+1,5O2=CdO+SO2+26360 кал.

По этой реакции будет получено (26360•0,64•103)/144,4=116,83 ккал.

6. Окисление сульфида меди по реакции:

Cu2S+1,5O2=Cu2O+SO2+91800 кал.

Окислиться по этой реакции (1,7•159,2)/127,2=2,13 кг Cu2S и будет получено (91800•2,13•103)/159,2=1228,29 ккал.

7. Окисление пирита по реакции:

4FeS2+11O2=2Fe2O3+8SO2+790600 кал.

По этой реакции будет получено тепла (790600•5,00•103)/479,2=8249,17 ккал.

8. Окисление FeS по реакции:

2FeS+3,5O2=Fe2O3+2SO2+292980 кал.

Окислиться по этой реакции *mFe(Fe2O3)табл 3-mFe(FeS2)табл 2=*2,9-2,33=0,57 кг железа, что даёт (0,57•87,8)/55,8=0,9 кг FeS. При этом будет получено тепла (292980•0,9•103)/175,6=1501,61 ккал.

9. Окисление FeS по реакции:

3FeS+5O2=Fe3O4+3SO2+411720 кал.

2,9 кг Fe в виде FeS составит (2,9•87,8)/55,8=4,56 кг FeS. При этом будет получено тепла (411720•4,56•103)/263,4=7127,73 ккал.

10. Образование сульфата кальция по реакции:

CaO+SO3=CaSO4+96070 кал.

По этой реакции будет получено тепла (96070•0,72•103)/136,1=508,23 ккал.

11. Образование сульфата магния по реакции:

MgO+SO3=MgSO4+67210 кал.

По этой реакции будет получено тепла (67210•1,336•103)/120,3=746,41 ккал.

12. Окисление серы по реакции:

1/2S2 + O2 = SO2

По этой реакции будет получено тепла:

для халькопирита: (70960•0,43•103)/32=947,98 ккал;

для пирротина: (70960•0,16•103)/32=360,34

Всего получено тепла 87450,35 ккал.

**Расход тепла**

1. Потери тепла с отходящими газами, нагретыми до °С, ккал:

Q=mi•ci•t.

SO2: 46,06•0,177•580=4728,52

SO3: 5,00•0,177•580=513,30

CO2: 1,45•0,2493•580=209,66

N2: 259,94•0,2571•580=38761,73

O2: 38,82•0,2371•580=5338,45

Итого: 49551,66

2. Потери тепла с обожжённым концентратом, нагретым до 620°С:

87,30•0,22•620=11907,72 ккал.

3. Расход тепла на разложение карбонатов по реакциям:

CaCO3=CaO+CO2-42498 кал;

(42498•1,07•103)/100,1=454,27 ккал;

MgCO3=MgO+CO2-28108 ккал;

(28108•1,88•103)/84,3=626,85ккал;

Итого-1081,12 ккал.

4. Испарение воды на подсушивающем поде. Допустим, что в концентрате 6% H2O, и вся она испаряется на подсушивающем поде, тогда расход тепла составит λ•m=540•100•0,06=3240 ккал.

5. Разложение CuFeS2 и Fe7S8 примерно одинаков и равен 144,9 ккал/кг. Тогда на разложение этих соединений будет затрачено тепла

(1,49+1,98)•144,9=502,8 ккал.

6. Теплоизлучение и другие потери тепла определяются по разности. Результаты расчета теплового баланса обжига представлены в табл.7.

Таблица 7. Тепловой баланс обжига цинковых концентратов

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Приход тепла | ккал | % | № | Расход тепла | ккал | % |
| 1 | Окисление сульфида цинка до оксида | 64473,34 | 73,48 | 1 | Унос с отходящими газами | 49551,66 | 57,52 |
| 2 | Окисление сульфида цинка до сульфата | 397,77 | 0,45 | 2 | Унос с огарком | 11907,72 | 13,82 |
| 3 | Окисление PbS до PbO | 606,94 | 0,69 | 3 | На разложение карбонатов | 1081,12 | 1,26 |
| 4 | Окисление PbS до PbSO4 | 1185,71 | 1,36 | 4 | На испарение воды из концентрата | 3240 | 3,76 |
| 5 | Окисление CdS до CdO | 116,83 | 0,13 | 5 | На разложение сульфидов CuFeS2 и Fe7S8 | 502,8 | 0,58 |
| 6 | Окисление Cu2S до Cu2О | 1228,29 | 1,40 | 6 | Теплоизлучение (по разности) | 19858,73 | 23,06 |
| 7 | Окисление FeS2 до Fe2O3 | 8249,17 | 9,43 |  |  |  |  |
| 8 | Окисление FeS до Fe2O3 | 1501,61 | 1,72 |  |  |  |  |
| 9 | Окисление FeS до Fe3O4 | 7127,73 | 8,15 |  |  |  |  |
| 10 | Образование CaSO4 | 508,23 | 0,59 |  |  |  |  |
| 11 | Образование MgSO4 | 746,41 | 0,86 |  |  |  |  |
| 12 | Окисление серы | 1308,32 | 1,5 |  | Итого | 86142,03 | 100 |

**Итого 87450**,35 100

**Выводы**

1. При данном обжиге избытка тепла нет, поэтому зачастую требуется подтопка посторонними источниками тепла.

2. Целесообразно воздух, нагретый при охлаждении печи, вводить в печь для обжига.