**ВВЕДЕНИЕ**

Задачей любого металлургического производства, является получение металлов из перерабатываемого сырья в свободном металлическом состоянии или в виде химического соединения. В практических условиях эта задача разрешается с помощью специальных металлургических процессов, обеспечивающее отделение компонентов пустой породу от ценных составляющих сырья.

Получение металлической продукции из руд, концентратов или других видов металлосодержащего сырья – задача достаточно трудная. Она существенно усложняется для медных и никелевых руд, которые, как правило, являются сравнительно бедным и сложным по составу полиметаллическим сырьем. При переработке такого сырья металлургическими способами необходимо одновременно с получением основного металла обеспечить комплексное выделение всех других ценных компонентов в товарные продукты при высокой степени их извлечения.

В основе любого металлургического процесса лежит принцип перевода обрабатываемого сырья в гетерогенную систему, состоящую из двух, трех, а иногда и более фаз, которые должны отличаться друг от друга составом и физическими свойствами. При этом одна из фаз должна обогащаться извлекаемым металлом обедняться примесями, а другие фазы, наоборот, обедняться основными компонентами. Одним из таких процессов является плавка во взвешенном состоянии.

Плавкой во взвешенном состоянии называются процессы, при осуществлении которых мелкие сульфидные концентраты сжигают в факеле, образующемся при горении сульфидов шихты, подаваемое в раскаленное пространство печи через специальные горелки вместе с дутьем. За счет теплоты, выделяющейся при горении сульфидов, распыленная шихта нагревается и плавится. Образовавшиеся капли падают на поверхность шлакового расплава, находящегося в отстойной камере, где происходит расслаивание штейна и шлака [1].

Именно об этом металлургическом процессе и пойдет речь в данной курсовой работе.

**1. ПЛАВКА ВО ВЗВЕШЕННОМ СОСТОЯНИИ В АТМОСФЕРЕ ПОДОГРЕТОГО ДУТЬЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КИСЛОРОДА**

**1.1 Плавка во взвешенном состоянии в атмосфере подогретого дутья**

Из основных разновидностей плавок во взвешенном состоянии плавка на подогретом дутье (финская плавка) является наиболее отработанным технологически и аппаратурно-автогенным процессом. Этот вид плавки в промышленном масштабе был впервые осуществлен в 1949 г. Финской фирмой «Оutocumpu» на заводе «Харьявалта». В настоящее время эту технологию используют более 30 заводов во всем мире для переработки медных, никелевых и пиритных концентратов.

Печь для плавки во взвешенном состоянии включает в себя три основных узла:

- вертикальную цилиндрическую плавильную камеру (шахту);

- горизонтальную отстойную зону для разделения шлака и штейна;

- газоход (аптейк) с котлом утилизатором [1].

Плавку осуществляют на подогретом от 200 до 900 – 1000 0Своздушком дутье или на дутье, обогащенном кислородом до 30 – 50 %. Используют и комбинированное дутье.

На своде шахты установлены шихтовые горелки, обеспечивающие горение сульфидной шихты в вертикальном факеле. Перед подачей в печь шихту подсушивают в барабанных и трубчатых сушилках до влажности 0,2%.

Шихтно-воздушная смесь из горелки поступает в раскаленное пространство плавильной шахты, где сульфиды воспламеняются. За время падения сульфидные частицы успевают в должной степени окислиться, а легкоплавкие сульфиды и железистые силикаты – расплавиться.

Процесс плавления начинается с прогревания частиц, которые при малых размерах достаточно нагреваются до температур, равных 550 – 650 0С. При этих температурах начинают интенсивно протекать реакции диссоциации высших сульфидов, идущие с поглощением теплоты.

2FeS2→2FeS + S2

4CuFeS2→2Cu2S + 2FeS + S2

4CuS→2Cu2S + S2

Бурно протекающие эндотермические реакции препятствуют прогреву частиц, и пока не удалится избыточная сера, температура частиц существенно не повысится. Горит на этой стадии только элементарная сера по реакции:

S2 + 2O2=2SO2

Быстрое окисление низших сульфидов и главным образом FeS по реакции:

2FeS + 3O2 + SiO2=2FeO\*SiO2 + 2SO2

Начинается после практически полной диссоциации высших сульфидов.

Окисление сульфидов сопровождается образованием большого количества магнетита. Переокисление железа зависит от степени десульфуризации – с получением богатых штейнов большая часть железа переходит в форму магнетита.

Капли жидкой фазы, образующиеся в факеле, попадают на поверхность шлакового расплава в отстойной камере, а раскаленные газы – в газоход, отдавая при этом часть тепла расплаву в отстойнике. Температура в реакционной шахте 1350 – 1400 0С, в отстойнике 1250 – 1300 0С.

Продолжительность нахождения частицы во взвешенном состоянии и степень её окисления и плавления учитывают при определении размеров шахты. Диаметр шахты изменяется от 3 до 5,5 м., высота от 7,5 до 12м. Отстойная зона имеет ширину от 3,5 – 10 м., длину от 12 до 32 м. Размеры отстойной зоны рассчитывают исходя из пребывания в ней шлака в течении 5-7 ч.

Высота аптейка достигает 20 м. над уровнем расплава, что обусловлено необходимостью восстановления серы в газах.

При плавке получают штейн с содержанием меди 50 – 60 %, шлаки содержащие 0,7 – 2 % меди и газы (14 – 16 % SO2), используемые для производства серной кислоты или элементарной серы.

Шлаки подвергают обеднением флотацией, электроплавкой или обработкой пиритом. Производительность печей достигает 1500 т/сут. Шихты или 8 – 10 т\*(м2\*сут).

Вся печь выполнена из магнезитового кирпича. Футеровка плавильной камеры и аптейка заключены в металлический кожух из листовой стали. В кладку всех элементов печи заложено большое количество водоохлаждаемых кисонов. В боковые стены отстойной камеры установлены две медные водоохлаждаемые плиты с отверстиями для выпуски шлака, а в передней торцевой стене – чугунные шпуры для выпуска штейна.

Плавку осуществляют на подогретом от 200 до 900 – 1000 0С воздушном дутье или на дутье, обогащенном кислородом до 30 – 50 %. Используют и комбинированное дутье [1].

Конструкции печи взвешенной плавки на подогретом дутье на всех заводах одинаковы, кроме завода «Тамано» (Япония). Печь этого завода оснащена в отстойной камере электродами для перегрева шлака и его обеднения и смещенным в результате этого трубчатым газоходом.

**1.2 Плавка во взвешенном состоянии в атмосфере технологического кислорода**

Отличительной особенностью плавки во взвешенном состоянии на кислородном дутье является использование для её осуществления печей с горизонтальным факелом. Это обусловлено высокой скоростью окисления сульфидов в чистом кислороде и относительно низкой скоростью газовых потоков в печи в следствии небольшого объема образующихся технологических газов.

Кислородно-взвешенная (кислородно-факельная) плавка (КФП) применялась только на двух заводах в мире – в Канаде на заводе «Коппер – Клиф» и на медном заводе в Алмалыке (Узбекистан).

Печь для плавки во взвешенном состоянии на кислородном дутье (96 – 98 %) представляет собой плавильный агрегат с горизонтальным рабочим пространством с горелками для сжигания сульфидов, установленными на обоих торцах печи и центральным отводом газов.

Предварительно высушенная до содержания влаги менее 0,5 % шихта подается в струю кислорода горелками на одной из торцевых стен. В факеле печи протекают реакции диссоциации высших сульфидов:

2CuFeS2→Cu2S + 2FeS + 1/2S2

FeS2→FeS + 1/2S2

3NiS→Ni3S2 + 1/2S2

S + O2→SO2

и реакции окисления:

2FeS + 3O3 + SiO2=2FeO\*SiO2 + 2SO2

FeS + 3/2O2=FeO + SO2

3FeO + 1/2O2=Fe3O4

Cu2S + O2 = Cu2O + SO2

MeS + O2=MeO + SO2

Восстановления магнетита сульфидами происходит по реакции:

Fe3O4 + FeS + 2SiO2⇄2 (2FeO\*SiO2) + SO2

В противоположной стороне печи установлены для факельного сжигания в кислороде пирротинового или пиритного концентрата. В этом факеле образуются капли бедного по содержанию меди сульфидного расплава, служащего для промывки шлака перед выпуском с целью обеднения.

Штейн по мере накопления периодически выпускается через шпур, расположенный на одной из боковых стен.

Выпуск шлака осуществляется со стороны обеднительного торца. Отходящие газы, содержащие до 80 % SO2, направляются на химическое производство.

При сжигании сульфидов в чистом кислороде в факеле развивается высокая температура 1550 – 1600 0С. Для отвода избыточного тепла и защиты стен и свода от разрушения, кладку печи охлаждают, с помощью кессонов.

При высоких температурах факела в атмосфере технического кислорода горение сульфидов протекает очень быстро. И уже на расстоянии 0,6 – 1 м. от сопла, кислород полностью расходуется и горение заканчивается. Поэтому скорость горения сульфидов не влияет на конечную производительность.

Процесс КФП отличается высокой десульфуризацией, достигающей 75 %. Это позволяет получать очень богатые штейны, содержащие до 70 % меди.

Принципиальное единство технологических основ двух разновидностей плавки во взвешенном состоянии порождает общность их достоинств и недостатков [1].

Достоинства:

1. Использование тепла сжигания сульфидов;
2. Высокое извлечение серы в газы (70 – 80 %);
3. Богатые по содержанию SO2 газы;
4. Высокая удельная производительность агрегата;
5. Возможность полной автоматизации процесса.

Недостатки:

1. Высокое содержание меди в шлаках (до 2 %);
2. производительность процесса вследствие медленной скорости штейнообразования и шлакообразования и разделения фаз в отстойной зоне, низка и затраты на подготовку шихты высокие.

**2. ПЛАВКА Cu–КОНЦЕНТРАТА ВО ВЗВЕШЕННОМ СОСТОЯНИИ**

Количество Cu

в CuFeS2 (28\*3)/4=21 кг.

в Cu2S 28 – 21=7 кг.

Количество компонентов

CuFeS2

63.5 : 55.8 : 64 = 21 : a : b

a= Fe= 55.8/64\*21=18,3 кг

b= S= 63.5/64\*21=20,8 кг

в Cu2S

S= (32\*7)/127= 1,76 кг

в NiS

S= 32/58.7\*1=0,54 кг.

Fe

Оставшееся Fe 35 – 18,3 = 16,7 кг.

в FeS (16,7)/6=2,8 кг.

S=(32\*2,8)/55.8=1.6 кг.

в FeS2=16,7-2,8=13,9 кг.

S=(64\*13,9)/55,8=15,9 кг.

Таблица 1 – Рациональный состав Cu – концентрата на 100 кг

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Компонент | Cu | Fe | Ni | S | SiO2 | Прочие | Итого |
| CuFeS2 | 21 | 18,3 | - | 18 | - | - | 57,3 |
| Cu2S | 7 | - | - | 1,76 | - | - | 8,76 |
| NiS | - | - | 1 | 0,54 | - | - | 1,54 |
| FeS | - | 2,8 | - | 1,6 | - | - | 4,4 |
| FeS2 | - | 13,9 | - | 13 | - | - | 26,9 |
| SiO2 | - | - | - | - | 0,5 | - | 0,5 |
| Прочие | - | - | - | - | - | 0,7 | 0,7 |
| Итого | 28 | 35 | 1 | 34,9 | 0,5 | 0,7 | 100 |

Расчет пыли

Механический унос пыли взвешенной плавки составляет 10 % от веса шихты, из них 4 % безвозвратно.

Расчет на 1000 кг.

Количество CuFeS2 в механическом уносе

573\*0,1\*0,04=2,3 кг.

В нем:

Cu – 210\*0,1\*0,04=0,84 кг.

Fe – 183\*0.1\*0.04=0.732 кг.

S – 180\*0.1\*0.04=0.72 кг.

Количество Cu2S в механическом уносе

87,6\*0,1\*0,04=0,35

В нем:

Cu – 70\*0,1\*0,04=0,28 кг.

S – 17.6\*0.1\*0.04=0.07 кг.

Количество NiS в механическом уносе

154\*0,1\*0,04=0,616 кг.

В нем:

Ni – 10\*0.1\*0.04=0.04 кг.

S – 5.4\*0.1\*0.04=0.02 кг.

Количество FeS в механическом уносе

44\*0,1\*0,04=0,018 кг.

В нем:

Fe – 28\*0.1\*0.04=0.11 кг.

S – 16\*0.1\*0.04=0.064 кг.

Количество FeS2 в механическом уносе

269\*0,01\*0,04=0,556 кг.

В нем:

Fe – 139\*0.1\*0.04=0.556 кг.

S – 130\*0.1\*0.04=0.52 кг.

Количество SiO2 в механическом уносе

5\*0,1\*0,04=0,02 кг.

Прочие

0,7\*0,1\*0,04=0,003 кг.

Таблица 2 – Рациональный расчет концентрата с учетом уноса пыли на 1000 кг

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Минерал | Компонент | Всего |
| Cu | Ni | Fe | S | SiO2 | Прочие | кг. | % |
| CuFeS2 | 209,2 | – | 182,3 | 179,3 | – | – | 571 | 57,6 |
| Cu2S | 69,7 | – | – | 17,5 | – | – | 87,2 | 8,8 |
| NiS | – | 9,96 | – | 5,38 | – | – | 15,34 | 1,5 |
| FeS | – | – | 27,89 | 15,94 | – | – | 43,83 | 4,4 |
| FeS2 | – | – | 138,4 | 129,5 | – | – | 267,9 | 27 |
| SiO2 | – | – | – | – | 4,98 | – | 4,98 | 0,5 |
| Прочие | – | – | – | – | – | 9 | 9 | 0,9 |
| Итого | кг. | 278,9 | 9,96 | 348,59 | 347,6 | 4,98 | 9 | 1000 | 100 |
| % | 28,1 | 1 | 35,2 | 35,2 | 0,5 | 0,07 | 100 |  |

Расчет рационального состава штейна

На основании практики, принимаем извлечение Cu в штейн 95,4 %.

1. Количество Cu, перешедшее в штейн

278,9\*0,954=266,1 кг.

Количество штейна про 60 % содержании Cu в нем составит

266,1/0,6=443,5 кг.

2. Количество S связанное с 266,1 кг. Cu

(266,1\*32)/127,1=66,99 кг.

3. Количество Ni перешедшее в штейн

9,96\*0,85=8,5 кг.

Количество S связанной с Ni

(8,5\*64)/176=3,1 кг.

Количество Ni3S2 в штейне

3,1+8,5=1,6 кг.

4. Количество Cu2S в штейне

266,1+66,99=333,1 кг.

5. Количество О2 в штейне принимаем по данным практики: в содержании 60 % Cu равным 1,24 % О2

443,5\*0,0124=5,5 кг.

С ним связано Fe в виде Fe3O4 в штейне

5,5+14,4=19,9 кг.

Количество FeS в штейне

443,5-333,1-19,9-14,4=76,1 кг.

Количество Fe в FeS

(76,1\*55,8)/87,8=48,4 кг.

С ним связано S

76,1/2,74=27,8 кг.

Общее количество S в штейне

66,99+27,8+3,1=97,8 кг.

Таблица 3 – Состав штейна

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Компонент | Cu2S | Ni3S2 | FeS | Fe3O4 | Всего |
| кг.  | % |
| Cu | 266.1 | – | – | – | 266,1 | 60,3 |
| Ni | – | 8.5 | – | – | 8,5 | 1,93 |
| Fe | – | – | 48.4 | 14.4 | 62,8 | 14,2 |
| S | 66.99 | 3.1 | 27.8 | – | 97,9 | 22,2 |
| O2 | – | – | – | 5.5 | 5,5 | 1 |
| Итого | кг. | 333 | 11.6 | 76.2 | 19.9 | 441 | 100 |
| % | 75.5 | 2.6 | 17.3 | 4.5 | 100 |  |

Расчет количества шлака

1. Количество Cu, теряющееся в шлаке

278,9-266,1=12,8 кг.

Количество S, связанной с 12,8 кг. Cu, в виде Cu2S

(12.8\*32)/127=3,22 кг.

2. Количество Ni, теряющееся со шлаком

9,96-8,5=1,46 кг.

Количество S, связанной с Ni3S2

(1.46\*64)/176=0,5 кг.

3. Количество S, перешедшее в газы

S=Sк-та – Sш-та – Sшл-ма=347,6 – 97,9 – 3,72=246 кг.

4. Количество FeS, окисляющегося до Fe3O4 и перешедшее в штейн по реакции

3FeS+5O2→Fe3O4+3SO2

(264\*19,9)/22,7 кг.

Количество Fe, окисленного до Fe3O4

(22,7\*55,8)/87,9=14,4 ru/

Количество О2, необходимое для образования 19,9 кг. Fe3O4

(22,7\*160)/264=13,7 кг.

19,9-14,4=5,5 кг. О2 в Fe3O4

5. Количество Fe, находящегося в шлаке в форме FeO

348,59-62,8=285,8 кг.

Количество FeO в шлаке

(285,8\*71,8)/55,8=367,7 кг.

Общее количество О2 необходимое для окисления Fe до FeO

367,7-285,8=81,9 кг.

6. Количество О2, необходимое для окисления S

(246\*32)/32,07=245,4 кг.

Всего SO2 в газовой фазе

245,4+230=475,4 кг.

В шлак полностью перейдет полностью из концентрата SiO2 и прочие

Таблица 4 – Состав и количество шлака при плавке без флюсов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Компонент | Cu | Ni | Fe | S | O2 | SiO2  | Прочие | Итого |
| кг. | 13,8 | 1,46 | 285,8 | 3,72 | 81,9 | 5 | 9 | 399,7 |
| Компонент | Cu | Ni | Fe | S | O2 | SiO2  | Прочие | Итого |
| % | 3,3 | 0,4 | 73 | 1 | 21 | 1 | 0,9 | 100 |

плавка взвешенный состояние штейн

Со шлаками такого состава теряется много Cu, поэтому плавку необходимо вести с флюсами. В качестве флюса используется кварцевая руда, %:

SiO2 – 74,8; Fe(в FeO) – 3,8; прочие – 17,8.

Расчет шлака при плавке с флюсом

В качестве исходных данных для состава рационального шлака взято содержание в нем SiO2,равное 30 %, и содержание Fe3O4 равное 14 %.

0,784Х+5=0,3(391,4+Х+Y)

Y=0.0691\*0.14(391.4+X+Y)

Y=0.00967\*(391,4+X+Y)

Y=3.79+0.00967X+0.00967Y

где, 0,786 – доля SiO2 в песчанике; 5 – масса SiO2 из концентрата;

0,3 – доля SiO2 в шлаке (30 %); 391,4 – масса первичного шлака; 0,0691 – коэффициент пересчета на О2.

Решив уравнение получил

X=256 кг;

Y=6,6 кг.

Приняв пылевынос 4 %, получаем массу песчанника, добавляемого в шихту

256/0,96=266,7 кг.

В 256 кг. Песчанника содержится

256\*0,784=200,8 кг.

256\*0,038=9,7 кг.

прочие 256\*0,178=45,6 кг.

Масса шлака

391,4+256+6,6=654 кг.

Так как в песчанике содержится 9,7 кг. FeO, находим количество Fe, поступившего с флюсом

(9,7\*55,8)/71,8=7,5 кг.

С ним связано 2,2 кг. О2

Так как содержание Fe3O4 в шлаке равно 14 %, то масса его составит

(654\*14)/100=91,6 кг.

В 91,6 кг. Fe3O4 содержится

Fe – 66,3 кг.

О2 – 91,6-66,3=25,3 кг.

Всего Fe в виде закиси

219,5+7,5=227 кг.

С 227 кг. Fe будет связано О2

(227\*16)/55,8=65,1 кг.

Таблица 5 – Количество и состав шлака с учетом флюса

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Компонент | Cu | Ni | Fe | S | O2 | SiO2 | Прочие | Всего |
| Cu2S | 12,8 | – | – | 3,22 | – | – | – | 16 |
| Ni3S2 | – | 1,46 | – | 0,5 | – | – | – | 1,96 |
| FeO | – | – | 227 | – | 65,1 | – | – | 292,1 |
| Fe3O4 | – | – | 66,3 | – | 25,3 | – | – | 91,6 |
| SiO2 | – | –– | – | – | – | 200 | – | 200 |
| Прочие | – | – | – | – | – | – | 9 | 9 |
| Итого | 12,8 | 1,46 | 293,3 | 3,72 | 90,4 | 200 | 9 | 610,7 |

Расчет пыли

1. Количество Cu, перешедшей в пыль

280-278,9=1,1 кг.

2. Количество Ni, перешедшего в пыль

9,96-8,5=1,46 кг.

3. Количество S перешедшей в пыли

349-347,6=1,3 кг.

4. Количество SiO2 перешедшего в пыль

5-4,98=0,02 кг.

из песчаника

200-192=8,02

Всего SiO2 в пыли 8+0,02=8,02 кг.

5. Количество прочих в пыли

из концентрата – 16,3-16,2=0,1 кг.

из песченика – (266,8-256,1)\*0,178=1,9 кг.

Всего прочих в пыли

0,1+1,9=2 кг.

6. Количество Fe в пыли

Из концентрата – 349-348,5=0,5 кг.

Из песчаника – (266,8-256,1)\*-0,038=0,4 кг. FeO или 0,31 кг. Fe

Всего Fe в пыли

0,315+0,5=0,815 кг.

7. Количество О2 в пыли

0,4-0,3=0,09 кг.

0,09+2,2=2,29 кг.

Таблица 6 – Количество и состав пыли

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Компонент | Cu | Ni  | Fe | S | O2 | SiO2 | Прочие | Итого |
| кг. | 1,1 | 1,46 | 0,815 | 1,3 | 2,29 | 8,02 | 1,9 | 16,9 |
| % | 6,5 | 8,6 | 4,8 | 7,7 | 13,5 | 47,4 | 11,2 | 100 |

Расчет количества отходящих газов

Примем, что весь О2, необходимое для окисления реакции поступает с подогретым дутьем.

1) Количество О2, необхождимое для окисления Fe до FeO, составляет 90,4 кг.

2) Для окисления Fe до Fe3O4 необходимо О2

5,5+25,3=30,8 кг.

3) Для окисления S требуется 245,4 кг. О2

Общий расход на плавку О2, составит 366,6 кг.

Вместе с О2 в печь поступит N2 при содержании О2 в дутье 24,6 %:

366,6/0,246\*0,754=1123,6 кг.

При содержании в концентрате влаги 0,1 % в печь поступит её

(1000+266,8)/0,999-(1000+266,8)=1,268 кг.

Таблица 7 – Количество и состав отходящих газов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Газы | кг. | м3 | %(объемные) |
| SO2 | 475,4 | 165,9 | 15,9 |
| N2 | 1123,6 | 876,5 | 84 |
| H2O | 1,268 | 1,577 | 0,15 |
| Итого | 1600 | 1043,97 | 100 |

Таблица 8 – Материальный баланс плавки сульфидного медного концентрата на подогретом воздушном дутье, кг

|  |
| --- |
| Поступило |
| Материалбаланса | Всего | В том числе |
| Cu | Ni | Fe | S | SiO2 | O2 | N2 | Прочие | H2O |
| Загруженоконцентрата | 1001,3 | 278,9 | 9,96 | 348,59 | 347,6 | 4,98 | – | – | 9 | 1,3 |
| Песчаника | 260,6 | – | – | 7,8 | – | 203 | 2,26 | – | 47,5 | – |
| Воздуха | 1490 | – | – | – | – | – | 366,6 | 1164 | – | –– |
| Итого | 2752 | 279 | 9,96 | 356,4 | 347,6 | 208 | 368,9 | 1164 | 56,5 | 1,3 |
| Получено |
|  | Всего | Cu | Ni | Fe | S | SiO2 | O2 | N2 | Прочие | H2O |
| Штейна | 441 | 265,4 | 7,5 | 62,8 | 97,9 | – | 5,5 | – | – | – |
| Шлака | 610,7 | 12,3 | 1,46 | 292,5 | 3,7 | 200 | 90,4 | – | 54,6 | – |
| Пыли | 16,9 | 1,1 | 1 | 0,8 | 1,3 | 8 | – | – | 1,9 | – |
| Газов | 1683 | – | – | – | 244,7 | – | 273 | 1164 | – | 1,3 |
| Итого | 2752 | 279 | 9,96 | 356,4 | 347,6 | 208 | 368,9 | 1164 | 56,5 | 1,3 |

Степень десульфаризации

(244,7/347,6)\*100=70 %

Расчет теплового быланса плавки

Приход тепла

Окисление сульфидов железа

Количество Fe, окисляемого до FeO, равно

219,5+1,4=220,9 кг.

По реакции:

2FeS + 3O2=2Fe + 2SO2 + 470786 кДж

Всего выделится тепла

(470786\*220,9)/(2\*55,8)=122789 кДж

Количество Fe, окисленного до Fe3O4 составляет

14,3+66,3=80,6 кг.

По реакции:

3FeS + 5O2=Fe3О4 + 3SO2 + 172537 кДж

Выделится тепла

1723537/(3\*55,85)\*80,6=855500 кДж

Всего при окислении FeS выделится тепла

122789+855500=977689 кДж

Окисление серы

Всего в газы переходит 244,7 кг., в том числе

от окисления FeS до FeO

244,7\*32\*55,8=140,3 кг.

От окисления FeS до Fe3O4

83.117\*32/55,8=47,7

Количество S от диссациации составляет

244,7-47,7-140,3=56,7 кг.

Количество тепла выделяющегося при окислении S по реакции

S + O2= SO2 + 297086 кДж

47,7\*2212=105512 кДж

Ошлакование закиси железа

Тепло от ошлакования FeO по реакции

2FeO = SiO2 = 2FeO\*SiO2 = 29309 кДж

Всего тепла от ошлакования FeO выделится

(29309\*244,4)/(2\*55,8)=65119 кДж

Ошлакование CaO

Тепло от ошлакования CaO определим по реакции

CaO + SiO2 = CaO\*SiO2 + 90020 кДж

На ошлакование 1 кг. CaO выделится тепла

21500/56=1605 кДж

В песчанике содержится 3 % СaO или 7,684 кг.

Всего тепла от ошлакования СаО выделится

1605\*7,684=12333 кДж

Таким образом, от экзотермических реакциё поступит тепла

977689 + 105513 + 65119 + 12333 = 1160653 кДж

Физическое тепло

Твердая шихта поступает в печь взвешенной плавки предварительно подсушенной в распылительных сушилках. На выходе в печь температура шихты 25 0С. Физическое тепло шихты при 25 0С составит

4,187\*1268\*0,22\*25=29202 кДж

а весь приход тепла составлит

1160653 + 29202 = 1189855 кДж

Расход тепла

1) Весь расход тепла на диссациацию 1 моля серы равен 83,7 кДж, получим расход на образование 47,3 серы равен

(47,3/32)\*83,7=123,642 кДж

Количество тепла затрачиваемого на разложение 1 моля СаСО3 равное 177947 кДж

Расход тепла на разложение СаСО3 равен

177947\*7,68/56,1=24382 кДж

Всего расход тепла на эндотермические реакции составит

1236+24382=24505,6 кДж

2) Расход тепла с продуктами плавки

При нормально ведении процесса температура продуктов плавки, то есть штейна, шлака и отходящих газов, составит соответственно 1180 0С, 1250 0С, 1300 0С. При этом расход тепла с продуктами плавки составит, кДж

со штейнами – 4,184\*441\*0,22\*1180=478999 кДж

 со шлаками – 4,184\*610,7\*0,29\*1250=926249 кДж

с пылью – 4,184\*16,9\*0,836\*1300=76847 кДж

с SO2 – 4,184\*475,4\*715,3=1422784 кДж

c N2 – 4,184\*1123,6\*444,9=2091538 кДж

с НО2 – 4,184\*1,5=6,3 кДж

Всего – 13332423 кДж

Потери через кладку и неплотноси в печи составляют 4,5% от общего расхода тепла. Тогда общий расход тепла составит

13332423/0,95=14034129 кДж

Теплосодержание 1м3 воздуха подогретого до 200 0С равно 261,9 кДж/м3

Тогда с воздухом вводится тепла

261,9\*1334,76=34574 кДж

Дефицит тепла составит

14034129-34574-2395803=11603752 кДж

Это тепло необходимо подать в печь путем сжигания природного газа

Природный газ имеет состав(по объему), %: СН4 – 98; СО2 – 1,2; N2 – 0,8.

Для подсчета теплоты сгорания используем формулу

QHP=(85,89\*СН4)\*4,184=4,184\*(85,89\*98,7)=35469 кДж/м3

Принимаем коэффициент избытка воздухадля сжигания топлива α=1,1

Определим теоретическую потребность воздуха по реакции

СН4 + 2О2 → СО2 + 2Н2О

Потребность О2 на 100 м3 природного газа составляет, м3

для сгорания СН4 – 100\*0,987\*2=197,4

Всего потребуется 199,775 м3 О2

С учетом α=1,1, всего потребуется О2

199,775\*1,1=219,753 м3

Теоретический состав газов от сжигания топлива следующий, м3

СО2 – 0,6+0,987\*100+0,00675\*100\*2=100,65

Р2О – 0,987\*100\*2+0,00675\*100\*3+0,0025\*100=199,45

N2 – 673,55

Расход газа для восполнения потерь составим Х м3.

Для сжигания газа при α=1,1 на 1м3 газа потребуется воздуха 8,933 м3

Температура воздуха, подаваемого на сжигание Х м3 газа равна 30 0С, а его теплоемкость 1,3 кДж/м3\*0Сследовательно, тепло, вносимое воздухом, будет

Х\*8,933\*301,3=Х\*348,4 кДж

Тепло от сжигания газа равно Х\*8584,238

С отходящими газами при 1300 0С расход тепла, кДж

с СО2 – 1,0065\*Х\*2992,4=3012\*Х

с Н2О – 1,9945\*Х\*2327=4641\*Х

с N2 – 6,671\*Х\*1863=12428\*Х

с О2 – 0,195\*Х\*1970=384\*Х

Всего – 20465\*Х

По приходу и расходу тепла от сжигания природного газа составляет уравнение

348,4Х+35941Х-20465Х=11603752

Х=6733 м3

Таким образом количество природного газа, необходимое для поддержания теплового баланса плавки во взвешенном состоянии на 1000 кг концентрата равно 62,2 м3.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Металлургия тяжелых цветных металлов [Электронный ресурс]; электронный учебное пособие. Н.В. Марченко, Е.П. Вершинина, Э.М. Гильбенбрандт. Красноярск ИПК СФУ, 2009.

2. Металлургия меди, никеля и сопутствующих элементов. Б.П. Бледнов, В.Е. Дульнева. Красноярск, 1983 – 104 с.