Министерство образования Российской Федерации

Норильский индустриальный институт

Кафедра металлургии

# Курсовая работа

по дисциплине: «Металлургия»

на тему:

«ВЗВЕШАННАЯ ПЛАВКА НИКЕЛЕВОГО КОНЦЕНТРАТА В ПЕЧИ ВЗВЕШАННОЙ ПЛАВКИ»

Выполнил: Бельтюков С.Н.

Проверил: Рогова Л.И.

 Группа: Экм-99-У ВО Подпись: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Шифр: 060800 Дата проверки:

Дата выполнения

Норильск, 2000г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Выбор технологии производства…………………………2
2. Описание основного агрегата……………………………..3
3. Физико-химические основы процесса……………………5
4. Технико-экономические показатели……………………..11
5. Металлургический расчет…………………………………12

Библиографический список

1. ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА

Плавка во взвешенном состоянии на подогретом дутье была осуществлена в промышленном масштабе финской фирмы «Оутокумпу» на заводе «Харьявалта». В первона­чальном варианте для плавки применяли воздушное дутье, подо­гретое до 400—500 °С. Начиная с конца 60-х годов, этот процесс по лицензии фирмы «Оутокумпу» стали широко применять на метал­лургических заводах многих стран. В настоящее время он внедрен более чем на 30 предприятиях для переработки медных, никелевых и пиритных концентратов, в т.ч. на Надеждинском металлургическом заводе. Финскую плавку на сегодня можно счи­тать самым распространенным в промышленности и наиболее тех­нологически и аппаратурно отработанным автогенным процессом плавки сульфидных концентратов.

Особенностями взвешенной плавки являются:

- высокая производительность ( удельный проплав 10-15 т/м2 в сутки);

- низкий расход топлива - процесс плавки сульфидного концентрата протекает в режиме, близком к автогенному;

- возможность полного автоматического управления про­цессом плавки с помощью системы "Проскон-103'';

- возможность получения штейна требуемого состава;

- утилизация серы из высококонцентрированных серных газов.

Конструкция ПВП и комплекс других технических решений обеспечивают получение пара энергетических параметров и высо­кую степень утилизации серы из отходящих газов, что резко снижает выброс двуокиси серы в окружающую среду и значительно улучшают условия труда обслуживающего персонала.

В плавильном цехе НМЗ имеет­ся две печи взвешенной плавки одинаковой конструкции для плавки медного и никелевых концентратов.

Передел взвешенной плавки - структурное подразделение плавильного цеха HMЗ.

2. ОПИСАНИЕ ОСНОВНОГО АГРЕГАТА

Конструкция печи для плавки во взвешенном состоянии на подо­гретом дутье достаточно сложна — она сочетает в себе две верти­кальные шахты (реакционную и газоход-аптейк) и горизонтальную камеру-отстойник.

Тонкоизмельченная шихта, предварительно высушенная до со­держания влаги менее 0,2%, подается по системе ленточных конвейеров и пневмотранспорта в бункер шихты. Из бункера шихта двумя скребковыми транспортерами "Редлер" подается через свод реакционной камеры с помощью четырех специальных горелок. Основное на­значение горелки — приготовление и подготовка шихтововоздушной смеси для ускорения процесса горения сульфидов. Перемешивание шихты с дутьем достигается разбиванием струи шихты о конус-рассекатель и подачей дутья через воздушный патрубок и распре­делительную решетку.

Схема горелки печи завода

1 — дутье; *2 —* шихтовая воронка; *3 —* загрузочный патрубок;

*4 —* воздушный патрубок; 5 — конус-рассекатель;

*6 —* распределительная решетка; 7 — диф­фузор

Вся печь взвешенной плавки выполнена в виде кладки из магнези­тового кирпича. Футеровка реакционной шахты и аптейка заключе­на в металлические кожухи из листовой стали. В кладку всех элементов печи заложено большое количество водоохлаждаемых

 Печь для плавки во взвешенном состоянии

1 — горелка; *2* — реакционная камера; *3 —* отстойная ванна; *4 —* аптейк;

5 — ко­тел-утилизатор; *6 —* паровой воздухоподогреватель;

7 — топливный воздухо­подогреватель

элементов, что позволяет значительно удлинить срок службы агрегата. Аптейк непосредственно сочленен с котлом-утилизатором туннельного типа. В боковой стене отстойной камеры установлены две медные водоохлаждаемые плиты с отверстиями для выпуска шлака, а в передней торцевой стене — чугунные шпуры для выпу­ска штейна.

Габариты печи определены на основании технологических расчетов произведенных с помощью ЭВМ, исходя из проектной производительности печи и других исходных параметров для про­ектирования.

В реакционной шахте, для окисления компонентов концентрата, используется воздух обогащенный кисло­родом и подогретый до 200°С. Согласно теплового баланса - степень обогащения дутья кислородом на ПВП никеля составляет 26%при среднем составе шихты, что позволяет реакционной шахте работать автогенно, без применения дополнительного топлива Оборудование рассчитано на максимальное обогащение кислородом до 40%, если по каким-либо причинам:

1. Теплопотребление шихты увеличится

2. Увеличатся тепловые потери печи;

3. Подогрев воздуха уменьшится.

Если обогащения дутья кислородом до 40% из-за вышеперечисленных факторов окажется недостаточным, то для восполнения недостатка тепла в реакционной шахте, используют природный газ.

Расплавленные частицы падают на поверхность ванны отстой­ника. В отстойной зоне печи происходит расслоение сульфидно-силикатного расплава на шлак и штейн. Для поддержания заданной температуры шлака и штейна в отстойной зоне смонтировано 18 го­релок природного газа. При выходе из реакционной шахты направление движения газов изменяется на 90° - газовый поток проходит горизонтально над ванной в отстойной зоне печи. Затем направ­ление движения газа вновь изменяется на 90° - газ поднимается по вертикальному аптейку печи вверх. В аптейк инжектируется угольная пыль, где и происходит восстановление сернистого газа до элементарной серы. Благодаря такой конструкции печи происходит достаточно полное отделение сульфидно-силикатных частиц, нахо­дящихся во взвешенном состоянии, от газового потока.

Пылевынос из печи взвешенной плавки составляет 12-15% от веса загружаемой шихты.

После аптейка газы поступают в котел-утилизатор, где охлаждаются с 1350°С до 550°С, а затем после очистки в электро­фильтрах от пыли, поступают в серный цех для улавливания из газов элементарной серы.

Печь взвешенной плавки является головным агрегатом в цепи переработки серосульфидных концентратов. Агрегат обладает вы­сокой интенсивностью плавления. В связи с этим печь имеет сложную и многообразную систему охлаждения.

Агрегат должен обладать высокой герметичностью. Нарушение герметичности ведет к подсосам, что нарушает тепловой баланс печи, разубоживает отходящие газы и увеличивает их объемы, уве­личивает расход восстановителя. Вышеперечисленные причины от­рицательно сказываются не дальнейшей обработке газов в серном цехе,

Все три части печи взвешенной плавки должны иметь высокую гер­метичность, требуют жесткого поддержания заданных параметров, что обеспечивается работой печи в автоматическом режиме с по­мощью ЭВМ.

3. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА

Процесс плавки сульфидных концентратов с утилизацией серы из отходящих газов очень сложен, поэтому на производительность печи, полноту протекания окислительных и восстановительных реакций влияют многие факторы, основными из них являются;

- размеры частиц и время нахождения частиц в газовом потоке;

- время нагрева частиц;

- скорость, направление и последовательность окисли­тельных реакций, влияние температуры на конечное химическое равновесие;

- минералогический состав концентратов;

- вид восстановителя сернистого ангидрида и влияние температуры на конечное равновесное состояние восстановительных реакций.

**Размеры частиц и величина удельной поверхности компонентов шихтовых материалов**

Обычно руды измельчают перед флотацией в пределах нижнего класса крупностью от 60% класса - 0,0605 мм до 90% класса -0,088мм. Средней величиной зерна флотационных концентратов можно считать от 0,07мм до 0,03мм.

Процессы нагревания сульфидных частиц, диссоциации высших сульфидов и взаимодействия сульфидов с кислородом печной атмосферы в ходе взвешенной плавки являются типичными гетерогенными процессами, скорость которых при прочих, равных условиях линейно зависит от величины поверхности раздела на границе твердое - газ.

Произведя несложный расчет, можно убедиться что 1 кг материала с удельным весом 4 г/см3 при среднем диаметре зерна 0,04мм, что соответствует размеру зерен флотационных концентра­тов., имеет удельную поверхность 59,5 м2/кг, Будучи взятым в виде компактного шара, тот же I кг материала имеет поверхность всего 0,019 м2. Таким образом, измельчение материала влечет за собой резкое увеличение его удельной поверхности, Однако, излишнее переизмельчение шихтовых материалов нежелательно, так как в этом случае возрастает пылеунос,

 **Движение частиц в газовом потоке.**

Очень важным параметром процесса плавки во взвешенном состоянии является время пребывания шихтовых частиц в потоке от момента поступления в пространство реакционной шахты до соударении с поверхностью расплава в отстойной зоне печи.

Поскольку и газы, и частицы шихты движутся в одной нап­равлении сверху вниз, очевидно, что время пребывания шихтовых частиц в полете определится суммой скоростей свободного паде­ния частицы и движения газового поток. В условиях плавки сульфидных флотационных концентратов скорость собственного падения самых крупных зерен концентрата не превышает I м/сек. Сульфидные частицы, вдуваемые в реакционную шахту, незначительно опережают газовый поток и время, необходимое для прохождения частиц концентрата по всей высоте плавильной шахты, равно 0,8 - 0.9 времени прохождения газом этого же пути, И если газ проходит шахту печи за 2,8 сек., то частицы флотационного кон­центрата будут находиться во взвешенном состоянии примерно 2,20 – 2,50 сек.

#### Нагрев пылевых частиц и теплопередача

В начальной стадии загрузки шихты в реакционную шахту, шихта подогревается за счет тепла, получаемого ею при конвективном теплообмене с подогретым до 200 С технологическим воздухом. Воспринимаемый частицей тепловой поток описывается уравнением .

Q=α x S x τ(T1-T2)

α - коэф-т передачи тепла конвекцией, ккал/м2/час

### S – воспринимающая тепловой поток поверхность, м2

τ - время, час

Тепла этого явно недостаточно для воспламенения сульфид­ного материала, т.к. даже сера в зависимости от содержания кислорода в газовой фазе воспламеняется в интервале температур от 260 до 360 °C. Сульфидные же частицы в зависимости от размера зерен воспламеняются при температурах от 280 до 740 С.

Опускаясь ниже, распыленная шихта попадает в зону высо­ких температур, где она за счет излучения от факела или футеровки реакционной шахты нагревается до температур воспламенения сульфидов.

Количество передаваемого тепла за счет радиационного нагрева описывается уравнением Стефана-Больцмана:

Q= S x K x τ x (T1/100)4-(T2/100)4

Тепло, полученное поверхностью частицы, передается к ее центру, Передаче тепла в глубь частицы, даже если она и очень мала, осуществляется за счет теплопроводности и для случая шаровидной частицы подчиняется уравнению:

qx = Q/(4Пх2 х t)= λ(Тп-Тх)/r2(1/x-1/r)

Из уравнения следует, что удельный тепловой поток к центру частицы обратно пропорционален квадрату радиуса ее. Это означает, что при малых размерах частиц, которые имеют зерна флотационных концентратов, нагрев материала будет проходить в доли секунды.

Реакции окисления сульфидов протекают со значительным выделением тепла. Так как для окисления сульфида необходим подвод кислорода в зону реакции, тo становится понятным, что эти процессы могут протекать только на поверхности зерен. Из этого следует, что на некотором отрезке времени, начиная с мо­мента воспламенения, от поверхности сульфидной частицы возникает дополнительный тепловой поток в глубь сульфидного зерна.

При воспламенении сульфидной частицы температура ее поверхности скачкообразно возрастает достигая в малые доли се­кунды 1500-1700°С. Процесс окисления сульфидов приобретает наивысшую скорость, так как в этот момент поверхность зерен максимальна, содержание кислорода в газах еще высокое и окисная пленка на поверхности сульфидного зерна только что зарож­дается. Средняя температура факела в этой зоне резко повышается до 1400°С и более за счет тепла, выделяющегося при интенсивном окислении всей массы сульфидных зерен. В зоне максимальных температур выделяется основная часть тепла экзотермических реакций плавки, т.к. именно здесь протекают с максимальными скоростями большинство реакций.

В последней зоне, называемой зоной усреднения температур, скорости всех окислительных процессов быстро падают, так как, во-первых, падает содержание кислорода в газовом потоке и, во-вторых, на поверхности окисляющихся сульфидных зерен нарастает пленка продуктов реакции, тормозящая диффузию кислорода в глубь зерна. Если на поверхности частицы образуется плотная корка твердого окисла, лишенная трещин и прочих дефектов, то диффузия кислорода через нее будет чрезвычайно затруднена и процесс окисления может прекратиться, не дойдя до конца. Рых­лые, трещиноватые пленки тормозят процесс в меньшей степени, так же, как и жидкие окисные пленки, скорость диффузии через которые примерно на три порядке выше, чем через твердую пленку. В целом процесс окисления в реакционной шахте печи лимитирует­ся диффузией кислорода через пленки продуктов реакции и обрат­ной диффузией -сернистого ангидрида в ядро газового потока.

В устье реакционной шахты окислительные реакции полностью заканчиваются. Об этом свидетельствуют результаты анализа газа на содержание свободного кислорода: парциальное давление кисло­рода на выходе из реакционной шахты снижается до 10 мм рт.ст.

##### Диссоциация сульфидов при плавке во взвешенном состоянии

В составе концентратов присутствуют высшие сульфиды, ко­торые диссоциируют при нагревании на низшие сульфиды и серу. Ниже приведены реакции диссоциации.

FeS2→FeS+S

Fe11S12→11FeS+S

Fe7S8→7FeS+S

3NiFeS2→3FeS+Ni3S2+1/2S2

2CuFeS2→Cu2S+2FeS+S

#  2CuS→Cu2S+S

3NiS→Ni3S2+S

2CuFe2S3→Cu2S+4FeS+S

2Cu5FeS4→5Cu5S+2FeS+S

В интервале температур от 550 С до 650 С первым диссоциирует пирит, давление диссоциации которого при 631°С до 0,1 атм. Наиболее устойчив борнит, диссоциирующий в температур 8400-850°С. Все реакции идут с поглощением тепла. Отщепляющаяся сера воспламеняется, в зависимости от содержания кислорода в дутье, в интервале температур 280 С-560 С.

Конечными продуктами диссоциации высших сульфидов во всех случаях являются низшие сульфиды которые в дальнейшем частично окисляются, образуя окислы соответствующих металлов переходящие в шлак.

1/2S2+O2=SO2 (без катализатора)

1/2S2+3/2O2=SO3 (с катализатором)

Ni3S2+7/2O2=3NiO+2SO2↑

Cu2S+1,5O2=Cu2O+SO2↑

FeS+1,5O2=FeO+SO2↑

3FeS+5O2=Fe3O4+3SO2↑

Неокислившиеся низшие сульфиды переходят в штейн. Окисление сульфидов сопровождается образованием больших количеств магнетита, особенно в поверхностных слоях частиц. Пере­окисление железа до магнетита зависит также от степени десуль­фуризации при плавке. С возрастанием степени десульфуризации и получением более богатых штейнов все большая часть железа переводится в форму магнетита.

К числу важнейших элементарных стадий, протекающих в от­стойной камере печи, относятся:

1) сульфидирование образовавшихся в факеле оксидов ценных металлов;

2) растворение тугоплавких составляющих (CaO, Si02, AI2О3, и MgO и др.) в первичных железистых шлаках и формирование шлака конечного состава;

3) восстановление магнетита сульфидами;

4) формирование штейна конечного состава и укрупнение мел­ких сульфидных частиц;

5) разделение штейна и шлака.

9NiO+7FeS=3Ni3S2+7FeO+SO2↑

Cu2O+FeS=Cu2S+FeO

## Образование фаялита

2FeO+SiO2=(FeO)2SiO2

Разложение магнетита

3Fe3O4+FeS+5SiO2=5(FeO)2xSiO2+SO2↑

###### Плавкость сульфидов

В сравнении с окислами сульфиды являются более легко­плавкими соединениями. Температуры плавления основных сульфидов, входящих в состав медных и никелевых штейнов:

Сульфид железа 1171 С

Халькозин – 1135 С

Сульфид кобальта – 1140 С

Хизлевудит – 788 С

Эвтектические сплавы, образованные двумя различными суль­фидами, а так же эвтектики между сульфидом и его металлом более легкоплавки, чем отдельные компоненты.

Штейны при плавке сульфидных компонентов всегда является многокомпонентными системами. Составы штейнов не всегда от­вечают составам эвтектик, но тем не менее, температуры плавле­ния штейнов все же ниже, чем температуры плавления входящих в них сульфидов. Обычно при температуре 850-900°С штейны на­ходятся в жидкотекучем состоянии,

**Термодинамика окислительных реакций при плавке во взвешенном состоянии**

В общем виде основную реакцию, протекающую в реакционной шахте печи, можно представить следующим уравнением:

MeS+1,5О2= MeO+SO2+Q

Эта реакция экзотермическая и ее тепловой эффект вомно­гих случаях, при условии нагрева материала до температуры воспламенения, обеспечивает самопроизвольный ход процесс без затрат тепла извне.

Об интенсивности протекания той или иной реакции принято судить по величине измерения изобарно-изотермического потен­циала системы, которая выражает энергетические превращения в ходе химического процесса. При всех самопроизвольных процессах величина ΔZ имеет отрицательный знак, что говорит о высвобождении энергии и отдаче ее системой на сторону, В этом случае мы наблюдаем выделение тепла в ходе реакции. Чем боль­ше числовое значение ΔZ при отрицательном знаке, тем энер­гичнее и глубже протекает реакция. Таким образом, сравнивая между собой величиныΔZ отдельных реакций, можно опреде­лить преимущественность протекания одной реакции по сравнению о другой. При положительном значении реакция не может проте­кать самопроизвольно, так как для ее совершения необходимы энергетические поступления извне,

**Величина изменения изобарно-изотермического потенциала**

ΔZ позволяет определить величину константы равновесия реакции, которая характеризует конечное состояние системы, когда в ней завершился самопроизвольный процесс и установилось равновесие между исходными и конечными составляющими реак­ции. Этасвязь выражается уравнением:

**Lq Kкр=-ΔZ/RT**

По величине константы равновесия можно судить о направле­нии и глубине протекания процесса.

**Восстановление технологических газов угольной пылью.**

Технологические газы плавки во взвешенном состоянии до восстановления имеют следующий состав:

SO2 – 12,6; H2O- 8,5; СО2- 5,5, O2- 0,7; N2- 72%; t= 1450°

Процесс восстановления сернистых газов осуществляется в аптейке печи взвешенной плавки. В качестве восстановительного реагента используют измельченный уголь с минимальным содержани­ем летучих компонентов и золы. Так как летучие компоненты представлены углеводами, тоих участие в процессе восстановле­ния технологических газов, ведущих к образованию повышенных количеств H2S, CS2 и COS, нежелательны. Повышенное содержание золы в угле приводит к увеличению количества пыли и шлака, а, следовательно, снижает извлечение цветных металлов и увеличи­вает энергозатраты. К томуже зола угля является основной причиной образования настылей в аптейке.

По расчетным данным пылевынос печи взвешенной плавки составляет *12-15%* от количества загружаемой шихты, где на до­лю золы приходится значительная часть. Так как вся пыль улав­ливается и возвращается в процесс, то увеличение зольности угля ведет к пропорциональному увеличению оборотной пыли.

Зола различных углей обладает различной температурой плавления. При температуре 1350°С зола находится в полурасплавленном состоянии, и при выходе из аптейка на границе радиационной части котла-утилизатора при соударении со стенками, будет налипать на поверхность футеровки (горловины) и образо­вывать настыли. При удалении настылей тем или иным способом, будь то обдув паром высокого давления или воздухом, также не исключена возможность применения буровзрывных работ, а это связано о открыванием смотровых люков, отверстий, что в свою очередь может привести к расстройству процесса и вынужденным остановкам печи.

Углерод и летучие компоненты угольной пыли взаимодейству­ют с сернистым ангидридом, восстанавливая его до элементарной серы.

Восстановление протекает в общей форме по уравнениям:

SO2+C=1/2S2+ CO2

SO2 +2Н2=1/2S2+2H2O

При этом имеют место побочные реакции, что значительно снижает извлечение серы.

При взаимодействии сернистого ангидрида с пылеуглем в интервале температур 1300-700°С доля образующихся компонентов H2S, CO, COS довольно высокая. Степень восстановления сернистого ангидрида в элементарную серу обычно не превышает 20-25%, т.к. основная масса угля расходуется на образование побочных продуктов.

Когда в газовой фазе присутствуют водородные соединения, в том числе и вода., количество нежелательных реакций увеличи­вается, что приводит к снижению содержания элементарной серы в газовой фазе.

В результате восстановления получается многокомпонентный газ, и, с практической точки зрения, особую важность в этом составе представляет сернистый ангидрид и элементарная сера. Восстановленный газ из аптейка ПВП с температурой 1330°С поступает в котел-утилизатор. В котле-утилизаторе газ охлаждается до температуры 350°С. При этой температуре СО и COS почти отсутствуют, а содержание элементарной серы почти достигает максимума.

При охлаждении газа в котле-утилизаторе протекают основ­ные реакции:

CO+1/2 S2 = COS

COS+H2O=CO2+H2S

H2+1/2S2=H2S

Из представленных реакций первая реакция протекает быстро, а следующая реакция очень медленно и для полного протекания реак­ции необходим катализ.

При температуре 1330°С в аптейке ПВП наступает термоди­намическое равновесие между компонентами упомянутыми выше.

Кроме восстановления газа в аптейке ПВП происходит восстановление окислов пыли.

В общем виде реакцию восстановления компонентов пыли можно представить уравнением:

4МеО + 3S2 →4МеS + 2 SO2

Этот процесс идет с поглощением тепла, что снижает темпе­ратуру отходящих газов,

Восстановленная оборотная пыль содержит в себе следующие соединения: NiS, CuS, FeS, CoS, ZnS, PbS, As2S2, Cu2Se, SiO2, Аl2O3, CaO, MqO, прочие и свободный углерод.

При сравнении компонентов окисленной и восстановленной пылей видно, что в процессе восстановления происходит погло­щение серы и выделение свободного кислорода для связывания которого требуется дополнительная затрата углерода. Следова­тельно, можно сделать вывод, что снижение пылевыноса в процес­се плавки выгодно как с экономической точки зрения по расходу угля, так и с точки зрения снижения безвозвратных потерь цвет­ных металлов.

4. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССА

|  |  |
| --- | --- |
| Показатель | Значение |
| Производительность печи, т/сут | 445,44 |
| Удельный проплав, т/(м2 х сут) | 10-15 |
| Содержание О2 в дутье, % | 26 |
| Температура дутья, С | 25-40 |
| Содержание Ni, %: |  |
| В штейне | 34,9 |
| В шлаке  | 1,4 |
| Пылеунос, % | 10-15 |

5. Металлургический расчёт.

Исходные данные для расчёта: содержание Ni в концентрате – 8 %;

 cодержание Сu в концентрате – 4 %;

Расчёт производим на 100 кг концентрата.

Химический состав концентрата:

Cu – 4 %; Ni – 8 %; Fe – 46 %; S – 30 %; SiO2 – 3,5 %; CaO – 2,3 % ; MgO – 2 %; Al2O3 – 1,38 %; прочие – 2,82 %.

По минералогическому составу ориентировочно 60% меди находится в кубаните, 40% в халькопирите, никель находится в пентландите

 **Состав концентрата.**

 Таблица №1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Комп. |  Cu |  Ni |  Fe |  S | Оксиды | Прочие | Общ. мас. |
|  Si |  Ca |  Mg |  Al |
| NiFeS2 |  | 8,00 | 7,60 | 8,72 |  |  |  |  |  | 24,33 |
| CuFeS2 | 1,60 |  | 1,40 | 1,61 |  |  |  |  |  | 4,61 |
| CuFe2S3 | 2,40 |  | 4,21 | 3,62 |  |  |  |  |  | 10,23 |
| Fe11S12 |  |  | 32,78 | 16,04 |  |  |  |  |  | 48,83 |
| SiO2 |  |  |  |  | 3,50 |  |  |  |  | 3,50 |
| CaO |  |  |  |  |  | 2,30 |  |  |  | 2,30 |
| MgO |  |  |  |  |  |  | 2,00 |  |  | 2,00 |
| Al2O3 |  |  |  |  |  |  |  | 1,38 |  | 1,38 |
| Прочие |  |  |  |  |  |  |  |  | 2,82 | 2,82 |
|  % | 4,00 | 8,00 | 46,00 | 30,00 | 3,50 | 2,30 | 2,00 | 1,38 | 2,82 | 100,00 |

 **NiFeS2**

 58,7 Ni – 178,5NiFeS2 X= 24,33 (кг)

 8 Ni – X NiFeS2

55,8 Fe - 178,5NiFeS2 X = 7.6 (кг Fe)

 X Fe – 24,33 NiFeS2

64 S - 178,5 NiFeS2  X=8,73 (кг S)

X S - 24.33 NiFeS2

Проверка: 8,73+7,6+8=24,33

 **CuFeS2**

63.6 Cu – 183.4 CuFeS2 X= 4.61 (кгСu)

 1,6 Cu – X CuFeS2

55.8 Fe – 183.4 CuFeS2 X= 1.4 (кгFe)

 X Fe – 4.61 CuFeS2

64 S – 183.4 CuFeS2 X= 1.61 (кг S)

X S - 4.61 CuFeS2

Проверка: 1,6+1,4+1,61=4,61

**CuFe2S3**

63,6 Cu – 271.2 CuFe2S3  X= 10.23 (кг)

2.4 Cu – X CuFe2S3

111.6 Fe – 271.2 CuFe2S3 X= 4.21 (кг)

 X Fe – 10.23 CuFe2S3

96 S - 271.2 CuFe2S3 X= 3.62 (кг)

 X S – 10.23 CuFe2S3

## Проверка: 3,62+4,21+2,4=10,23

**Fe11S12**

Fe= 46-7.6-1.4-4.21=32.78

 S = 30-8.72-1.4-4.21=16.04

 Fe11S12 = 32.78+ 16.04= 48. 83 кг

Химический состав оборотной пыли ПВП:

Cu – 2,3%; Ni – 5,2 %; Fe – 26 %; S – 18,5 %; SiO2 – 24,5 %;

 CaO – 2,6 % ; MgO – 2,1 %; Al2O3 – 2,3%; прочие – 16,5 %.

Учитывая, что шихта состоит на 85% из концентрата и на 15% из оборотной пыли, то рассчитываем химический состав шихты:

m (Cu) = 4\*0,85 + 2,3\*0,15 = 3,75 (кг);

m (Ni) = 8\*0,85 + 5,2\*0,15 = 7,58 (кг);

m (Fe) = 46,0\*0,85 + 26\*0,15 = 43 (кг);

m (S) = 30\*0,85 + 18,5\*0,15 = 28,28 (кг);

m (SiO2) = 3,5\*0,85 + 24,5\*0,15 = 6,65 (кг);

m (CaO) = 2,3\*0,85 + 2,6\*0,15 = 2,35 (кг);

m (MgO) = 2\*0,85 + 2,1\*0,15 = 2,02 (кг);

m (Al2O3) = 1,38\*0,85 + 2,3\*0,15 = 1,52 (кг);

m (проч.) = 2,82\*0,85 + 16,5\*0,15 = 4,87 (кг);

 **Химический состав шихты.**

 Таблица №2

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Комп.** |  **Cu** |  **Ni** |  **Fe** |  **S** | **Оксиды** | **Прочие** | **Общ. мас.** |
|  Si |  Ca |  Mg |  Al |
| Конц-т | 4 | 8 | 46 | 30 | 3,5 | 2,3 | 2 | 1,38 | 2,82 | 100 |
| Обор. Пыль | 2,3 | 5,2 | 26 | 18,5 | 24,5 | 2,6 | 2,1 | 2,3 | 16,5 | 100 |
| Шихта | 3,75 | 7,58 | 43,00 | 28,28 | 6,65 | 2,35 | 2,02 | 1,52 | 4,87 | 100 |

#  Предварительный расчёт по выходу штейна.

Извлечение в штейн из шихты :

Cu – 91%

Ni – 91 %

Всего в штейн перейдет :

Cu 3,75х0,91= 3,41

Ni 7,58х0,91= 6,9

Вес штейна на 100 кг концентрата при 50 % содержании металлов :

(3,41+6,9)х0,5= 20,61

По данным Б.П. Недведецкого, в штейнах с 50% металла содержится 2% О2 и 23,7% S

В этом случае содержание железа в штейне составит:

Fe: 100-(50+2+23,7)= 24,3%

 **Предварительный состав штейна.**

Таблица № 3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Хим. Сост. | Масса кг. | % |
| Ni | 6,9 | 33,48 |
| Cu | 3,41 | 16,55 |
| S | 4,88 | 23,7 |
| O2 | 0,41 | 2 |
| Fe | 5,01 | 24,3 |
| Итого | 20,61 | 100 |

## Перейдет в шлак железа: 43-5,01=37,99 кг

**Флюсы:**

#### Для получения кондиционных отвальных шлаков и в связи с высоким содержанием Fe в исходном сырье в шихту вводятся флюсующие присадки. Основным флюсующим компонентом в шихте служит песчаник.

#### Примем следующий состав песчаника:

#### SiO2 – 80 %, MgO – 1,5%, Al2O3 – 8,7%

#### CaO – 1,3 %, FeO – 2,5%,

Расчет ведем на получение шлака, содержащего 30% SiO2.

Примем, что Х – общая масса шлака, кг; У – масса загружаемого песчаника, кг. Составляющие песчаника переходят в шлак целиком. Тогда общая масса шлака будет, кг:

Х=У+37,99х71,85/55,85+5,88+6,65= У+61,4

37,99х71,85/55,85 – количество FeO, образовавшаяся из железа концентрата, перешедшего в шлак.

6,65 – количество SiO2 в концентрате

5,88 – количество CaO, MgO, Al2O3

Второе уравнение получаем из баланса:

0,30 Х=6,65+0,8У

Решая систему уравнений получаем:

У=23,54 (песчаник) Х = 84,94 (шлак)

Результат проверяем подсчетом количества и состава шлака:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| FeO | 48,87+23,54х0,025=49,46  | 58,23 |
| SiO2 | 6,65+23,54х0,8=25,48 | 30,00 |
| Al2O3 | 1,52+23,54\*,087=3,57 | 4,19 |
| CaO | 2,35+23,54х0,013=2,66 | 3,12 |
| MgO | 2,02+23,54х0,015=2,37 | 2,79 |
| Прочие | 1,42 | 1,67 |
| Итого | 84,94 | 100 |

Для расчета состава и количества отходящих газов примем, что весь кислород, необходимый для осуществления реакций, поступает с подогретым дутьем. При этом необходимо учитывать, что на практике имеются неорганизованные подсосы холодного воздуха, количество которого может колебаться от 2% до 6%.

Влажность шихты 0,2%, следовательно в печь поступит ее

(100+23,54)х0,002=0,25 кг

С учетом содержания серы в штейне и шлаке ее перейдет в газы:

28,28 – 4,88- 0,67=22,73 кг

32S-64 SO2

22,73 S - X SO2, что составляет 45,46 кг SO2

На окисление железа, переходящего в шлак, расход кислорода составит 48,87-37,99=10,88кг

Общая потребность кислорода на плавку 100 кг концентрата будет, кг:

* На окисление серы – 22,73
* На окисление железа – 10,88
* Переходит в штейн – 0,41

Итого:34,02 кг

Вместе с кислородом в печь поступит азота

34,02/0,23 х 0,77=113,8 кг

Из практики работы известно, что со шлаком теряется: Cu – 2%, Ni – 4,5%

Cu= 3,75 x 0,02= 0,075

Ni= 7,58 x 0,045=0,34

S в шлак = 28,28- (4,88+22,73)=0,67

В технические газы отходит:

Cu: 3,75-(3,41+0,08)= 0,26

Ni: 7,58-(6,9+0,34)=0,34

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Статьи баланса | Всего |  В том числе |
| Cu | Ni | Fe | S | SiO2 | CaO | MgO | Al2O3 | O2 | N2 | H2O | прочие |
|  **Загружено:** |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Шихты | 100,22 | 3,75 | 7,58 | 43,00 | 28,28 | 6,65 | 2,35 | 2,02 | 1,52 | - | - | 0,20 | 4,87 |
| Песчаника | 21,59 |   |   |   |   | 18,83 | 0,31 | 0,35 | 2,05 | - | - | 0,05 |   |
| Воздуха | 147,82 |   |   |   |   |   |   |   |   | 34,02 | 113,80 |   |   |
|  **Всего:** | **269,63** | **3,75** | **7,58** | **43,00** | **28,28** | **25,48** | **2,66** | **2,37** | **3,57** | **34,02** | **113,80** | **0,25** | **4,87** |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|  **Получено:** |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Штейна | 20,61 | 3,41 | 6,90 | 5,01 | 4,88 |  - |  - |  - |  - | 0,41 |   |   |  - |
| Шлаков | 88,91 | 0,08 | 0,34 | 37,99 | 0,67 | 25,48 | 2,66 | 2,37 | 3,57 | 10,88 |   |   | 4,87 |
| Технические газы | 160,11 | 0,26 | 0,34 |   | 22,73 |   |   |   |   | 22,73 | 113,80 | 0,25 |   |
|  **Всего:** | **269,63** | **3,75** | **7,58** | **43,00** | **28,28** | **25,48** | **2,66** | **2,37** | **3,57** | **34,02** | **113,80** | **0,25** | **4,87** |

###### Материальный баланс плавки концентрата в печи

###### Взвешенной Плавки никелевой линии

 **Библиографический список.**

1. И.А.Стригин и др. «Основы металлургии»,т.1 Общие вопросы

Металлургии, Москва, Металлургия, 1975г.

1. И.А.Стригин и др. «Основы металлургии»,т.2 Тяжелые металлы, Москва, Металлургия, 1975г.
2. И.А.Стригин и др. «Основы металлургии»,т.7 Технологическое оборудование предприятий цветной металлургиии, Москва, Металлургия, 1975г.
3. Н.В.Гудима “Технологические расчёты в металлургии тяжёлых цветных металлов», Москва, Металлургия, 1977г.
4. Ф.М.Лоскутов, А.А.Цейдлер «Расчёты по металлургии тяжёлых цветных металлов», Москва, Металлургиздат, 1963г.
5. Технологическая инструкция №0401-3.1.109-34-80
6. А.В. Ванюков, Н.И. Уткин «Комплексная переработка медного и никелевого сырья», Челябинск, Металлургия,1988г.