© К.К. Хулелидзе, 2005

УДК 622.83.628.82

*К.К. Хулелидзе*

# *ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ СВИНЦА И ЦИНКА ИЗ СУЛЬФИДНЫХ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД В ПРИСУТСТВИИ КИСЛОРОДА*

**Семинар № 15**

Выщелачивание сульфидов с применением кислорода в качестве окислителя широко используется в заводской гидрометаллургии. В отсутствии кислорода все сульфиды практически нерастворимы в воде до 300 $^0$C.

В зависимости от температуры и pH среды реакция может протекать с образованием элементарной серы или ионов $SO_4^{2-}$.

Частица руды в молекулярном смысле является гетерогенной системой, состоящей из вещества и жидкости в порах. Массопередача в такой системе протекает в несколько стадий:

1) подвод растворителя к поверхности минералов рудного тела;

2) распространения растворителя внутрь пор и капилляров и вытеснение поровой воды;

3) химическая реакция и образование порового химического раствора с равновесной или близкой к ней концентрацией металла;

4) вытеснение металлосодержащего раствора из пор и капилляров свежим растворителем путем диффузии;

5) продвижение металлосодержащего раствора к внешней границе рудного минерала;

6) отвод раствора с поверхности рудного минерала в общий объем растворителя.

Указанная последовательность определяет в основном механизм подземного выщелачивания.

В присутствии кислорода одновременно имеют место следующие факты:

1. Адсорбция кислорода в водном растворителе.
2. Диффузия растворенного кислорода к реагирующей поверхности.
3. Химическое взаимодействие кислорода с сульфидами.
4. Обратная диффузия продуктов реакции в объем раствора.

Предполагается, что указанная последовательность будет подчиняться закономерностям, вытекающим из уравнения Нернста:

$$\frac{dC}{dt} = \frac{DS}{G}(C_2 - C_1),$$

где D – коэффициент диффузии; S – поверхность контакта; G – толщина диффузионного слоя; C2 – концентрация металла на поверхности минералов; C1 - концентрация металла в толще раствора.

Диффузию ионов можно увеличить, изменяя температуру и разность потенциалов. Толщина диффузионного слоя зависит от скорости пропускания раствора: чем больше скорость потока, тем меньше толщина слоя.

Концентрация металлов на поверхности C2 определяется растворимостью их соединений, а концентрация металлов в толще раствора определяется требованиями, предъявляемыми к переработке растворов.

Поверхность S, с которой идет диффузия, может быть увеличена за счет измельчения рудной массы. Однако чрезмерное измельчение может значительно ухудшить процесс выщелачивания из-за снижения фильтрационной способности разрыхленного массива и увеличения поверхности растворимых нерудных минералов.

Разрушение руды при дроблении, обычно, происходит по направлениям с наибольшей рудной минерализацией, что, однако, не исключает присутствия внутри больших кусков рудных минералов.

Свободная поверхность рудных минералов, как свидетельствует опыт, быстро окисляется, затем окислительные реакции быстро перемещаются внутрь кристаллов и замедляются. Вследствие этого, при выщелачивании металлов из сульфидных руд можно выделить три характерных периода.

В первый период растворяются ранее образовавшиеся оксиды и окисляются с поверхности рудные минералы. Металлы, поэтому, быстро переходят в раствор. Во второй период переход металлов в раствор снижается до некоторого уровня и далее падает. Происходит медленное окисле-

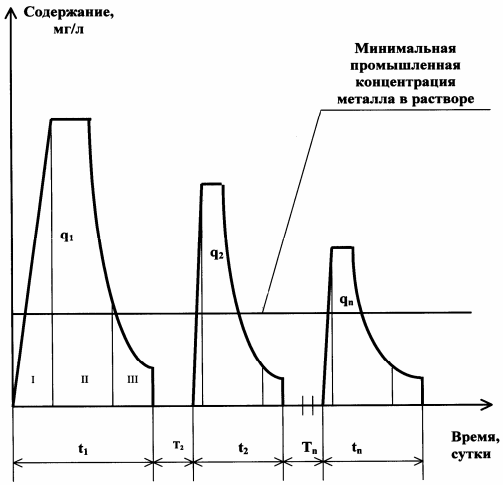


*Схема выщелачивания цинка в течении длительного времени*

ние, и растворение сульфидных минералов с поверхностной части кусков руды. Так как скорость химической реакции высокая, то лимитирующим процессом при этом является внешняя диффузия металлов с поверхности в растворы. В третий период ведущим процессом является еще более медленная внутренняя диффузия. Скорость ее всегда ниже внешней и поэтому при увеличении активного раствора переход металлов в него замедляется, а концентрация металлов в растворах может выходить за промышленные пределы. В таких случаях целесообразно временно прекратить выщелачивание, чтобы за счет внутренней диффузии металлы переместились к поверхности, а потом снова продолжить процесс. Далее, после снижения содержания, снова прекратить подачу и т.д. Таким образом, можно поддерживать концентрацию металлов в растворе выше нижнего промышленного предела. Схема такого процесса, составленная на основании большого количества опытов с рудами месторождений Северного Кавказа, как показана на рисунке.

Общее количество металлов, перешедших в раствор, равно:

$Q_1 = g_1 + g_2 + g_3 + ... + g_n$,

где $g_1,\ldots, g_n$ – количества металла, извлекаемого в каждом цикле.

Чистое время выщелачивания

$t_ч = t_1 + t_2 + t_3 + ... + t_n$,

где $t_1,\ldots t_n$ – время циклов.

$g_i = \frac{Q_1}{t_ч}$

Длительность всего процесса выщелачивания слагается из чистого времени выщелачивания и времени простоев:

$t_B = t_Ч + T_1 + T_2 + T_3 + ... + T_n$,

где $t_B$ – время выщелачивания, $T_1,\ldots, T_n$ – время простоев.

Общая скорость перехода металлов в раствор в единицу времени будет:

$g_в = \frac{Q_1}{t_в}$

Установлено, что в рудных столбах, при прохождении через них активных растворов, формируется фронт выщелачивания, представляющий собой слой руды, где идут интенсивные окислительно-восстановительные процессы (выщелачивание). Ниже этого слоя выщелачивания нет или же оно идет весьма медленно, так как там проходят насыщенные и потерявшие активность растворы, а выше растворы проходят по рудам, в которых металлов уже нет или же они находятся глубоко в кусках руды. Во фронте выщелачивания можно выделить три участка, аналогичных трем периодам выщелачивания, описанным выше. Из фронта выщелачивания выходят насыщенные растворы, несущие металлы из трех участков.

Он перемещается вслед за раствором и до тех пор, пока не выйдет за пределы рудного столба, концентрация металлов в них (при равных условиях) будет постоянной. Снижение концентрации начинается после выхода нижней границы фронта выщелачивания за пределы рудного столба. Резкое снижение после перехода этой границы вторым участком. Ширина фронта выщелачивания может изменяться в широких пределах под влиянием многих факторов. Главным являются количество растворов и их активность.

При выщелачивании кислородом, вносимым в отработанные пространства воздухом, фронт выщелачивания движется наоборот – снизу вверх.

## *Коротко об авторах*

*Хулелидзе К.К.* – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой БЖД, СКГМИ, Владикавказ.

ницу времени будет: