

Кратко о возможном механизме влияния МГД резонанса на процесс выщелачивания и цементации меди в гидрометаллургии

(проект В. М. Березовский, П. А. Яценко)

Вступление:

Любая из существующих технологий требует регулярного внесения изменений и корректировок с целью повышения ее эффективности, экологической безопасности на основе применения передовых достижений науки и техники.

Практика эффективной работы МГД резонаторов в различных технологических процессах дает основания кратко рассмотреть возможность их применения для изменения кинетики процессов выщелачивания, цементации меди и очистки стоков в гидрометаллургии. В основу анализа положены положительные результаты внедрения МГД резонаторов как специалистов компании «ЕТВ – Технология плюс», так и специалистов предыдущих поколений. Аппараты работают на физических принципах с использованием энергии поля постоянных магнитов, что позволяет исключить изменение ионного состава обрабатываемых жидкостей и достигать при этом значительных результатов. Практически доказана возможность положительного влияния на процессы: испарения, гидратации, сорбции, коагуляции, седиментации, осветления, смачивания, диффузии, растворения, отстаивания и т. д. через изменение структуры (энтропии) обрабатываемых растворов. В том числе активируется (от 20%) жизнедеятельность тионовых микроорганизмов при их использовании в процессе кучного выщелачивания меди с забалансовых руд.

Вовлечение в переработку сложных окисленных и смешанных трудно обогащаемых руд вызвано как исчерпанием запасов легко обогащаемых сульфидных медных руд так и постоянным ростом в потребности в металлической меди. Следовательно, цель применения МГД резонаторов – безреагентное повышение эффективности процесса селективного выщелачивания, цементации меди на существующем технологическом оборудовании, снижения ее потерь в отвалах, экономии сырьевых ресурсов и снижения экологической нагрузки на окружающую среду.

Кратко о процессах в гидрометаллургии меди и местах влияния

МГД резонанса на них:

Чаще всего для перколяционного (агитационного) выщелачивания меди из гранулометрически однородного сырья (руды) применяют водный раствор серной кислоты (H_2SO_4), как растворитель. Выщелачивание - это длительный по времени процесс (несколько суток) и его качество зависит от: способа движения растворителя, его концентрации, плотности сырья, напора, температуры, проницаемости слоя загруженной руды, образования газовой фазы. Следовательно, режимы этого процесса для его максимально эффективности подбирают в зависимости от качества исходного минерального сырья. Важно отметить, что практически доказана возможность повышения реакционной способности растворителя за счет его обработки резонансным значением силового поля в проточной части МГД резонатора перед подачей в процесс. Ускорение реакций данного типа при наложении силового поля является, в том числе, следствием возникновением циркуляционных магнитогидродинамических течений в токнесущей жидкости и вихревых магнитогидродинамических эффектов в области реакционной поверхности растворяемых объектов. Совокупность указанных факторов приводит к ускорению отвода растворенного вещества в процессах физического растворения и к подводу нового реагента в процессах химического растворения. В среднем можно повысить на **11%** содержание меди в растворе при прочих равных условиях. Обработка водной системы в резонансном

силовом поле изменяет реакционную способность за счет создания более благоприятных условий для его течения, в том числе, – превращения реагентной среды в максимально возможную однородную среду (максимально «гомогенную») и изменения препятствующих реакции потенциальных барьеров. Одним из таких значительно сдерживающих течение технологических процессов потенциальных барьеров есть образование пассивирующего слоя на поверхности минералов в процессе выщелачивания. На Рис. 1 изображена условная упрощенная схема процесса пошагового растворения твердой фазы, принятая специалистами, как основная.

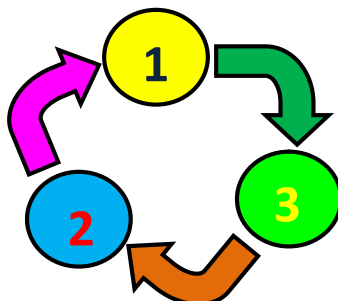


Рис. 1 Условная схема процесса пошагового гетерогенного растворения. 1 – подвод растворителя к твердой поверхности, 2 – растворение твердой фазы, 3 – отвод продуктов растворения из активной зоны.

Первая фаза в получении богатого медью маточного технологического производственного раствора – подвод растворителя к твердой поверхности рудной массы. Влияние на нее оказывает интенсивность гидродинамического режима (особенно в пограничном слое), коэффициент диффузии, концентрация исходных веществ, вязкость раствора. Третья фаза – отвод продуктов растворения от твердой поверхности. Кинетика для первой и третьей стадии процессов характеризуется диффузионными явлениями. Параметр влияния силового поля аппарата – коэффициент молекулярной диффузии. Влияющими факторами для нее есть реакционная и подвижная активность веществ. Для второй фазы характерна сама кинетическая реакция процесса растворения. Параметрами влияния МГД резонанса в общем для этих фаз есть: вязкость, коэффициент диффузии, поляризация. Следовательно, все эти явления можно представить, как последовательные соединения сопротивлений обобщенных суммарных процессов, лимитирующих и характеризующих временные явления растворения в целом (Рис. 2). **R1, R2, R3** - для фазы первой, второй и третьей соответственно.

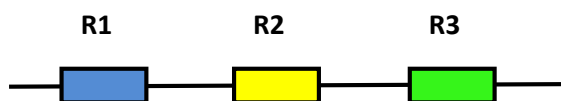


Рис. 2. Временные лимитирующие характеристики основных стадий растворения.

Важно отметить, что эти сопротивления носят реактивный (не линейный) характер в силу взаимного влияния ряда физических процессов друг на друга.

Так же заслуживает особого внимания применение структурированной жидкой фазы в процессах осветления и отмывки остатков от выщелачивания. Практическое внедрение аппаратов компанией «ЕТВ – Технология плюс» и литературные источники подтверждают, что можно снизить время отстаивания шламовых вод до **2** раз. При этом снижается влагосодержание в осадке в среднем на **20%** и увеличивается дисперсность осадочного материала в среднем на **40%**. Следовательно, это позволит значительно сократить потребность в чистой воде для процесса промывки, а так же повысит качество технической оборотной воды при ее повторном использовании в технологическом процессе.

Процесс извлечения меди из раствора селективного выщелачивания основан на электрохимических явлениях – сложный и обособленный, со своей спецификой кинетики в силу одновременной работы совершенно различных по своей физической сути механизмов. Цементация – электрохимический процесс, при котором происходит анодное растворение цементирующего металла (например, железа - **Fe**) с одной стороны и, одновременно, - катодное восстановление цементируемого металла (например, меди - **Cu**) с другой стороны. Его можно представить, как многостадийный механизм контактного электрохимического замещения одного металла другим в соединениях, находящегося непосредственно в растворах или расплавах. На скорость и полноту протекания цементации оказывают существенное влияние: pH раствора, температура, давление, величина разности потенциалов, двойной электрический слой, химический состав (чистота) металла – цементатора, гидродинамика в объеме раствора (циркуляции), сорбция, гидратация, толщина диффузионного слоя, пористость и т. д.. Движущей силой вытеснения одного металла другим является разность потенциалов (E), которая зависит от индивидуальной активности металлов – участников:

$$E = \varphi_a - \varphi_b, \text{ где}$$

φ_a и φ_b – потенциалы более и менее положительных электродов соответственно.

Теоретически явление цементации сравнивают с короткозамкнутым коррозионным гальваническим элементом, который полностью находится в реакционной токопроводящей среде. Токонесущая реакционная среда замыкает цепь протекания зарядов коррозионного гальванического элемента и создает ток короткого замыкания. При его работе анодные участки металла растворяются (заряжаются), а на катодных участках происходит осаждение (разряд) ионов извлекаемого металла. Следовательно, цементация – электрохимический процесс контактного восстановления или внутреннего электролиза. Схематически условно цементационный элемент обогащаемого металла можно изобразить следующим образом в упрощенном виде (Рис. 3):

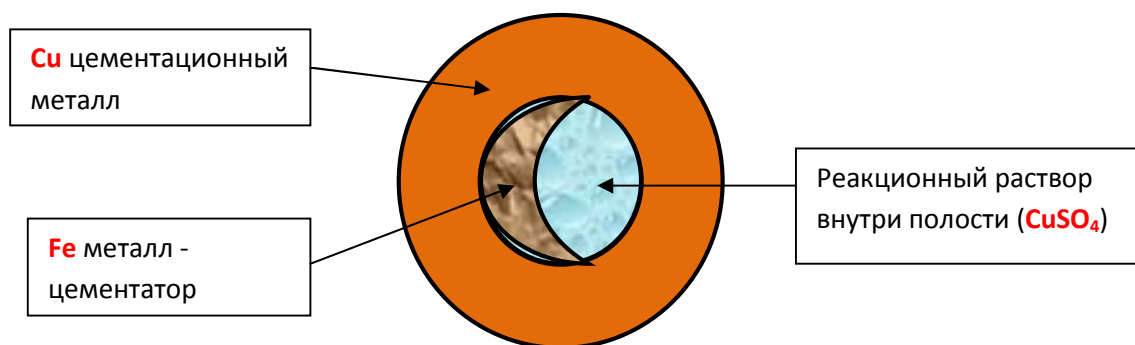
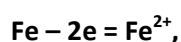
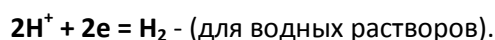


Рис. 3. Условное изображение цементационного элемента (**Fe - Cu**).

Процесс на анодном участке (заряд):



На катодном участке (разряд):



Упрощенный механизм процесса цементации изображен на Рис. 4. Он отображает процесс (материального) контактного замещения металлом более активным металлом менее активным в ансамбле CuSO_4 . Отличительна и важна особенность этого явления замещения меди (Cu) – обязательное наличие для него другой материальной более активной частицы, а не только присутствие силового поля, которое предоставляет МГД резонанс. Следовательно, силовое рабочее поле способно интенсифицировать, например, процесс коагуляции твердой фазы в растворе, для которого нет необходимости в наличии ионов других элементов для замещения. Однако силовое поле не сможет заменить молекулы (ионы) других необходимых для процесса веществ. Оно способно лишь создать безальтернативные безреагентные благоприятные «условия» для процесса цементации, которые не под силу реализовать другими техническими решениями. Процесс контактного замещения веществ совершенно отличается от процесса коагулирования или флокулирования.

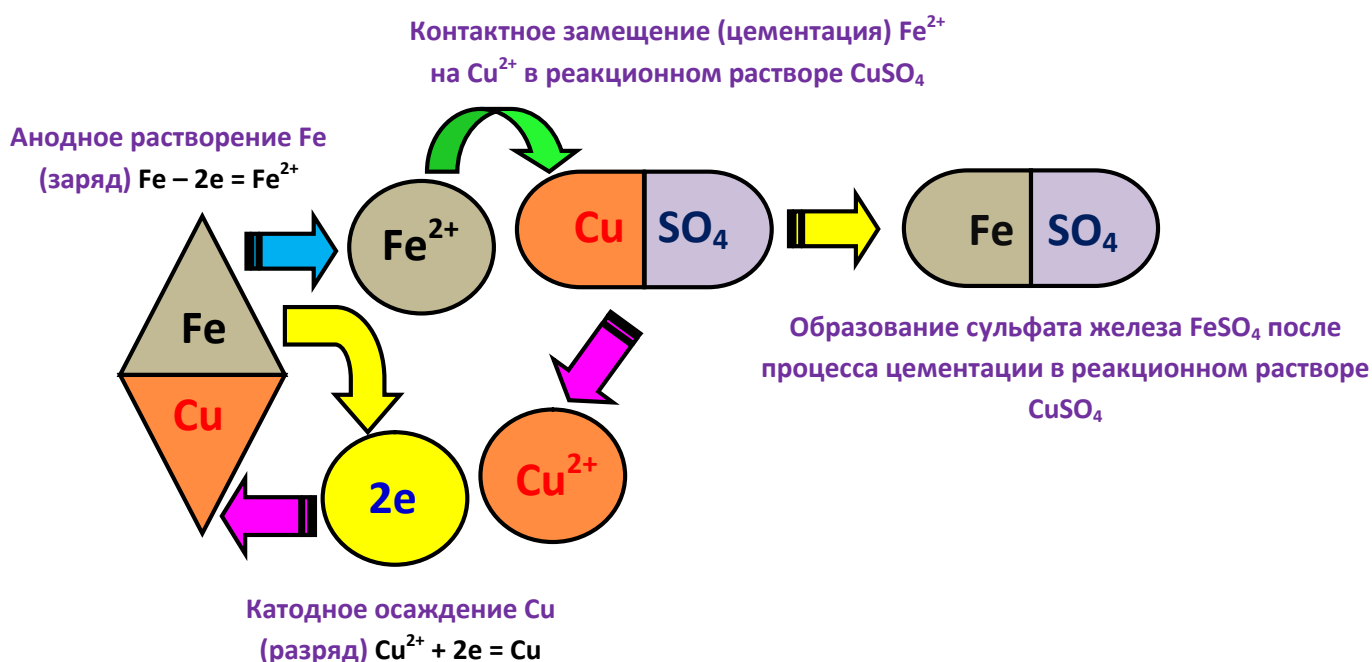
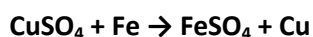


Рис. 4. Упрощенное представление механизма цементации меди

Химическая реакция замещения меди железом в сульфате происходит по схеме:



Из большого многообразия всех гетерогенных химических взаимодействий в рассматриваемой технологии, которые протекают в системе твердое тело - жидкость, выделены такие основные химические взаимодействия, скорость которых может быть существенно увеличена методом наложения силового магнитного поля в проточной части МГД резонатора:

- а) гетерогенное взаимодействие, протекающее на границе раздела фаз и лимитируемое отводом растворенного вещества через пограничный диффузионный слой;
- б) гетерогенное взаимодействие, лимитируемое доставкой реагента к границе раздела фаз;
- в) гетерогенное взаимодействие, протекающее в пределах диффузионного слоя и лимитируемое отводом продуктов реакции с его фронта.

Краткие выводы:

Активация процесса резонансным значением внешнего поля МГД резонатора через устранение энергетических затруднений с его помощью имеет обособленную актуальность, в том числе, в гидрометаллургии. Наиболее экономически эффективным, экологически чистым принято считать кучное выщелачивание. При этом методе получают особо чистую и качественную медь. Кучным выщелачиванием перерабатывают трудно обогащаемые смешанные и окисленные руды с низким содержанием меди – забалансовые руды, хвосты, отвалы и вскрышные породы. К ним относятся,

например халькопирит (CuFeS_2). Эти технологии в среде специалистов получили название SX-EW (Solvent Extraction Electrowinning).

Во всех случаях возможного применения аппаратов магнитной обработки должна предшествовать аналитическая работа по их количеству и местам установки в строгом соответствии и привязке к реальной организации технологического процесса. Так же очень важно, для объективности оценки результатов работы установленных аппаратов, согласовать и продумать методику анализов и обработки статистических материалов по кинетике процессов на участках контроля, которые имеются на предприятии до и после инсталляции МГД резонаторов.

Рекомендуемы места установки аппаратов магнитной обработки для интенсификации процесса обогащения меди в целом при кучном выщелачивании из бедных руд (Рис. 5).

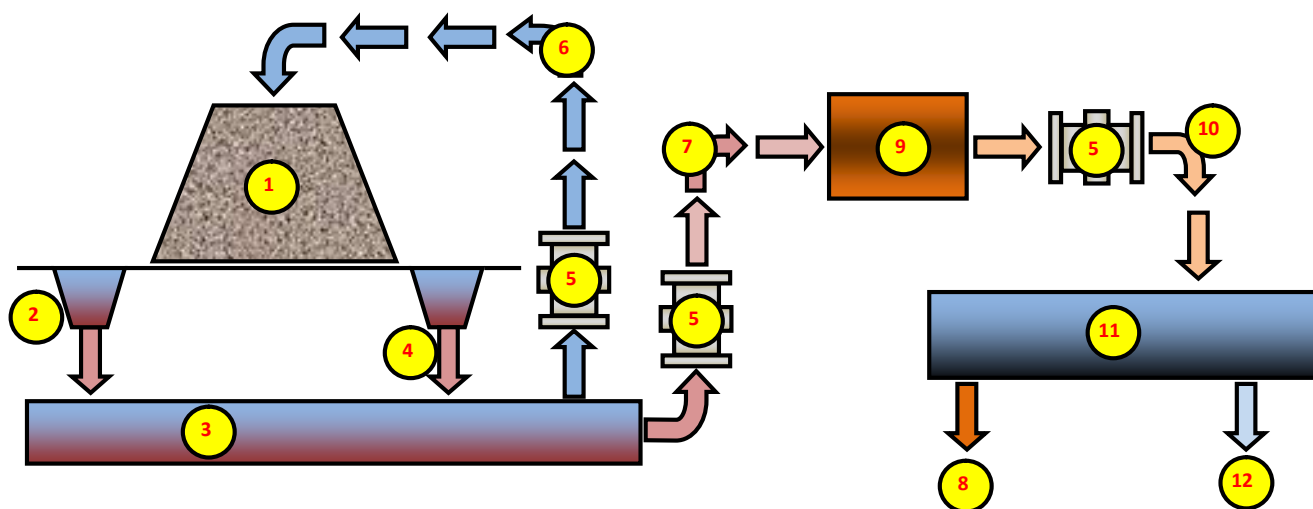


Рис. 5 Предполагаемые места установки МГД резонаторов в возможную технологическую схему для активации процесса обогащения меди. 1- отвал забалансированной руды, 2 – дренажные каналы, 3 - отстойник, 4 – раствор после выщелачивания, 5 – МГД резонатор, 6 – циркуляционная подача растворителя, 7 – подача раствора выщелачивания после отстаивания, 8 – подача цементной меди на сушку, 9 – цементатор, 10 – подача сырья на сгуститель, 11 – сгуститель. 12 – в хранилище хвостовых отходов.