

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Сергея Аркадьевича Мастюгина «Научное обоснование и разработка технологии комплексной переработки медьэлектролитных шламов», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.02 – металлургия черных, цветных и редких металлов

Применяемая в настоящее время технология переработки медьэлектролитных шламов была разработана более 70 лет назад и, в основном, представляет собой совокупность пирометаллургических процессов. Она основана на обезмеживании поступающих продуктов, их окислительном обжиге и плавке. Негативным моментом этого технологического направления является образование летучих возгонов, содержащих токсичные вещества, в числе которых оксиды мышьяка(III), селена(IV), серы(IV), цинка, свинца и некоторых других элементов. С одной стороны, это приводит к необходимости многоступенчатой газоочистки, которая дорога и недостаточно эффективна, а с другой - к «размыванию» ценных продуктов. Еще одной проблемой, существующей в современной промышленности, является сравнительно невысокое извлечение целевых компонентов при обжиге, что приводит к усложнению и удорожанию технологических процессов. Рассматриваемое диссертационное исследование С.А.Мастюгина направлено на решение этих проблем путем использования ряда гидрометаллургических методов: флотации, автоклавного окисления, высокотемпературного неокислительного автоклавного вскрытия в кислых и щелочных средах, гидрохлорирования, применения редокс-процессов с использованием специально вводимых неорганических окислителей, а также неорганических и органических восстановителей. В работе исследуются также варианты пирометаллургической переработки (плавки) выделяемых при флотации продуктов. Это определяет актуальность и научно-техническую значимость данного исследования для практики. В то же время практическая часть работы базируется на результатах изучения систем с помощью современных физико-химических и физических методов, а также термодинамических расчетов.

Судя по автореферату, основное содержание диссертационного исследования описано в 6 главах, первая из которых посвящена анализу имеющихся в настоящее время технологических решений по комплексной переработке медьэлектролитных шламов и перспективным направлениям в данной области.

Во второй главе С.А.Мастюгин исследовал процессы комплексной переработки реальных промышленных медьэлектролитных шламов ОАО «Уралэлектромедь» и специально приготовленных синтетических смесей методами флотации, окислительного и неокислительного автоклавного выщелачивания. На основании полученных экспериментальных результатов было установлено, что при окислительном автоклавном выщелачивании шлама в раствор удастся перевести практически всю медь и частично теллур. В то же время серебро, золото и селен после проведения автоклавного процесса принципиально могут быть обогащены методом флотации. Однако показатели флотации нельзя признать удовлетворительными из-за низкого выхода концентрата, высокого содержания серебра в хвостах флотации и большого количества оборотных промпродуктов. Для определения условий минимизации растворения теллура была исследована

Вх. №05-19/1-204
от 13.11.14 г.

неокислительная автоклавная обработка медьэлектролитного шлама. Установлено, что неокислительная автоклавная обработка шламов при температуре 165 – 180 °С приводит к возможности реализации дальнейшего эффективного флотационного обогащения сырья. Основным недостатком предложенного метода является технологическая сложность и высокая стоимость реализации последовательных операций, включающих в себя неокислительную автоклавную обработку исходного медьэлектролитного шлама, флотацию продукта обработки, окислительное автоклавное выщелачивание пенного продукта и окончательное флотационное обогащение продукта окисления.

Третья глава диссертационного исследования господина Мастюгина посвящена вопросам повышения качества флотационного концентрата за счет использования ультратонкого помола продукта, полученного на стадии перечистки. Установлено, что наиболее целесообразно проводить ультратонкое измельчение флотоконцентратов, полученных в операции третьей перечистки. Наиболее подходит для реализации этой операции бисерная мельница.

Четвертая глава экспериментальной части диссертационного исследования С.А.Мастюгина посвящена вопросам переработки полученных при флотации продуктов. Было испробовано плавление шихты флотоконцентрата с кремнеземом с последующим конвертированием селенидного штейна. При окислении расплава продувкой его кислородом происходит сначала образование летучего SeO_2 , а затем окисление теллурида с выделением сначала теллура, а затем практически нелетучего TeO_2 . С целью обеднения силикатных шлаков, образующихся при плавке концентрата, исследовано электрокапиллярное движение капель металла в расплаве шлага. Несмотря на приемлемые с точки зрения выделения драгоценных металлов результаты, данное направление признано неперспективным, благодаря высокому расходу электроэнергии.

В этой же главе 4 рассмотрена возможность окислительного выщелачивания флотоконцентрата. Из всех исследованных окислителей наилучшие результаты были получены при использовании хлората калия в присутствии серной кислоты. Окисление предложено вести в две стадии, контролируя редокс-потенциал системы. На первой стадии при значениях потенциала ≤ 700 мВ происходило окисление селена и переход его в раствор, а также концентрирование в твердой фазе золота и платины. При вскрытии селена наблюдалось также превращение металлического серебра и свинца в соответствующие хлориды. Для уменьшения потерь серебра предложено вводить в систему дополнительные количества KCl или HCl . В связи с этим хотелось бы привести в автореферате рекомендации по количеству вводимых в систему хлоридов, поскольку в кислой среде в присутствии избытка хлоридных ионов AgCl превращается в растворимый анион $[\text{AgCl}_2]^-$, что может привести к его потерям или «размазыванию» по разным фазам. Еще более эффективно растворяется в избытке хлоридных анионов PbCl_2 . Переход в фазу раствора свинца(II) также может происходить даже в отсутствие хлоридов в кислых сульфатных растворах в связи с образованием растворимого $\text{H}_2[\text{Pb}(\text{SO}_4)_2]$. На второй стадии при редокс-потенциале 850 – 990 мВ в раствор переходят золото, палладий и платина, однако в последнем случае извлечение МПГ происходит на 50-80 %.

Для выделения из растворов золота, селена, теллура, платины и палладия предложено использовать химическое восстановление их соединений. Однако предложенная схема переработки флотоконцентратов из кеков автоклавного

окисления медьэлектролитных шламов, несмотря на ряд достоинств имеет и существенные недостатки, одним из наиболее существенных является ее сложность и многооперационность.

В этой же главе 4 рассмотрено окислительное выщелачивание флотоконцентратов в щелочной среде техническим кислородом и кислородом воздуха при различных температурах и давлениях. Выявлено, что наиболее успешно вскрытие концентрата происходит в автоклаве при температуре раствора 200 °С и парциальном давлении кислорода 1 МПа при концентрации раствора NaOH 100 г/л. На взгляд рецензента этот путь не является удачным, поскольку встает вопрос о выделении продуктов из окисленного раствора. Предложение Автора исследования о возможности выделять МПГ адсорбцией на активированных углях (стр.32) кажется не до конца изученным. Даже если их адсорбция произойдет, снять МПГ с угля будет очень трудно. Скорее всего, активированный уголь придется сжигать, что нерационально и дорого. Неясен вопрос и с выделением МПГ из сильнощелочного раствора NaOH с помощью ионообменных смол-анионитов.

Пятая глава исследования С. А. Мастюгина посвящена разработке метода разделения флотоконцентратов после доводки, богатых по драгоценным металлам и селену. В данной главе рассмотрены два основных подхода к решению проблемы: сплавление продукта со смесью нитрита и нитрата натрия или смесью нитрита (нитрата) натрия с гидроксидом натрия; восстановление твердого Ag_2Se в щелочном водном растворе порошком металлического алюминия, а при нагревании также гидросиламином и гидратом гидразина. Отметим, что на стр. 34, видимо, опечатка: восстанавливать Ag_2Se при потенциале 1000 мВ принципиально невозможно, даже с учетом того, что не указана природа электрода сравнения. При таком потенциале возможно только окисление селенида серебра. Впрочем, значения потенциалов на рис. 20,б приведены правильно.

Наконец, в главе 6 приведены результаты опытно-промышленных испытаний и технико-экономического обоснования предложенных изменений в технологии, применяемой на ОАО «Уралэлектромедь» при переработке медьэлектролитных шламов.

Из замечаний к тексту автореферата отметим следующее. Одной из целей работы является замена пирометаллургических процессов на гидрометаллургические. Действительно, при такой замене уменьшится количество газовых выбросов, содержащих токсичные вещества. Однако следует отметить, что при этом придется решать проблему очистки сточных вод. Реальное решение этой проблемы стоит очень дорого, поскольку принятые в Российской Федерации значения ПДК рыбохозяйственных водоемов самые строгие в мире, а в нашей стране практически все водоемы относятся к категории рыбохозяйственных. Второе замечание относится к употреблению термина «экология» и его производных. В нашей стране очень часто под этим термином неверно понимают защиту окружающей среды от выбросов вредных веществ или в более общем случае охрану природы. Между тем экология – это наука, возникшая на стыке прикладной математики и биологии, изучающая статистическими методами влияние различных природных и антропогенных факторов на популяции разнообразных организмов. Таким образом, словосочетание «создание экологичной технологии» имеет весьма туманный смысл и выходит за рамки рассмотренного диссертационного исследования.

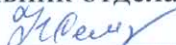
В целом, работа производит очень хорошее впечатление. Она посвящена решению важной для нашей страны промышленной задачи, имеет ясно выраженную практическую направленность и выполнена на хорошем, современном технологическом и научном уровне. Важнейшей особенностью данной работы и описанной в ней технологии является то, что она прошла промышленную апробацию в 2013 году в пилотных испытаниях. Автореферат написан ясным, технически грамотным русским языком. Материалы диссертации опубликованы в реферируемых изданиях, входящих в список изданий ВАК и защищены патентами РФ. Кроме того, они многократно докладывались на российских и международных научных конференциях и не вызывали отторжения у научной общественности. Объем работы и оформление автореферата соответствуют требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертационным исследованиям. На основании анализа автореферата диссертации Сергея Аркадьевича Мастюгина можно констатировать, что рецензируемый документ соответствует критериям, предъявляемым к докторским диссертациям, описанным в п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» постановления Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, а сам диссертант достоин присвоения ему искомой степени доктора технических наук.

Начальник Управления гидрометаллургии
АО «Полиметалл Инжиниринг»,
профессор, доктор химических наук

Николай Владимирович
Воробьев-Десятовский

10 ноября 2014 года

Официальный адрес учреждения: 198216, Российская Федерация, Санкт-Петербург, проспект Народного Ополчения, 2. АО «Полиметалл Инжиниринг».
e-mail: vdesjatovsky@polymetal.spb.ru; служебный тел.: 8 (812) 622 1557.

Подпись Н. В. Воробьева-Десятовского удостоверяю.
Начальник отдела кадров АО «Полиметалл Инжиниринг»
 (Н.А. Семенова)

