# КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА С ИЗВЛЕЧЕНИЕМ РЕДКИХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

**Тулаганова М.А PhD Ташкентский государственный политехнический университет имени Ислама каримова**
**Маткаримов С.Т д.т.н., профессор Ташкентский государственный политехнический университет имени Ислама Каримова**

В условиях постоянного роста потребления металлов и ограниченности природных ресурсов возрастает значение переработки техногенного сырья, образующегося в металлургическом производстве [1]. Современные медеплавильные предприятия формируют значительные объёмы побочных продуктов, среди которых особое место занимают свинцово-висмутовые шламы и пылегазовые выбросы. Эти отходы отличаются сложным многокомпонентным составом, но одновременно содержат значимые количества редких, благородных и цветных металлов, что делает их перспективным источником вторичных ресурсов [2]. Накопление подобных отходов на предприятиях также создаёт экологические риски, требуя разработки технологических решений, обеспечивающих как их переработку, так и снижение антропогенной нагрузки.

Анализ состава свинцово-висмутовых шламов показывает содержание меди, свинца, железа, цинка, теллура, платины и других элементов [1]. В ряде образцов содержание платины достигает 1,11 %, а теллура — до 0,33 %. Данные показатели сопоставимы с низкоконцентрированными природными рудами и подтверждают экономическую целесообразность переработки шлама как техногенной руды. Дополнительной особенностью является высокая летучесть некоторых соединений (селена, теллура), что приводит к их переходу в пылегазовую фазу [3]. Часть ценных компонентов аккумулируется в мелкодисперсной пыли, извлекаемой системами газоочистки, что требует интеграции твёрдой и газовой переработки в рамках одной технологической схемы.

Разработанная технологическая схема включает несколько последовательных этапов [4]. На стадии подготовки шлам подвергается сушке, измельчению и гомогенизации. Эти операции необходимы для обеспечения равномерного распределения компонентов и повышения эффективности дальнейших процессов. Затем осуществляется дозирование алюминиевого порошка и его смешивание со шламом до получения однородной реакционной смеси. Использование мелкодисперсного алюминия объясняется его высокой активностью и способностью эффективно восстанавливать металлы из оксидных форм.

Ключевым этапом является алюминотермическое восстановление, проводимое при температурах 800–1200 °C [2]. При таких условиях алюминий активно взаимодействует с кислородом оксидов металлов, переводя их в металлическое состояние. В результате формируется двухфазная система: металлический расплав и оксид алюминия ($Al_2O_3$), играющий роль шлака. Оксид алюминия, имея меньшую плотность, всплывает, тогда как восстановленные

металлы формируют нижний слой. Этот этап обеспечивает отделение значительной части примесей и концентрирует целевые компоненты в металлической фазе. Повышенная дисперсность алюминия ускоряет протекание реакций благодаря увеличенной площади контакта между частицами реагентов.

После завершения восстановления производится удаление шлаковой фазы. Полученный металлический остаток представляет собой комплексный сплав, включающий жидкий свинец, а также медь, теллур и платину [4]. Свинец выделяется первым, поскольку при температурах процесса он находится в жидком состоянии и может быть отделён гравитационным способом — сливом или декантацией. Оставшийся металлический остаток подвергается последовательному извлечению целевых металлов.

Извлечение меди осуществляется методами растворения с последующим электролитическим рафинированием или химическим осаждением [1]. Теллур выделяется путём окисления и выщелачивания, после чего переводится в растворимую форму и осаждается в виде металлического теллура [3]. Платина, обладая высокой химической инертностью, требует применения специфических реагентов, обеспечивающих её растворение и селективное выделение [4]. Получаемые металлы достигают высокой степени чистоты и могут быть направлены в различные отрасли промышленности.

Отдельное значение имеет переработка пылегазовой составляющей. Использование электрофильтров позволяет улавливать мелкодисперсную пыль, содержащую соединения теллура, платины и других ценных компонентов [5]. Это не только снижает выбросы токсичных веществ, но и обеспечивает возврат улавливаемых материалов в общий поток переработки. Таким образом, технологическая схема охватывает оба направления - переработку твёрдых отходов и утилизацию пылегазовой фракции.

Комплексный подход позволяет существенно повысить эффективность переработки техногенных отходов, сократить объёмы их накопления и снизить экологическую нагрузку на окружающую среду [1]. Восстановленные металлы находят применение в электронной промышленности, производстве специальных сплавов, каталитических системах, энергетическом оборудовании и функциональных материалах. Разработанная схема переработки отличается технологической гибкостью, может интегрироваться в действующие медеплавильные производства и адаптироваться под различные типы техногенного сырья.

**Список использованных источников**

1. Белов С.В. Техногенные отходы металлургического производства и методы их переработки // Цветные металлы. — 2018. — №4. — С. 35–41.

2. Habashi F. Extractive Metallurgy of Copper. — Montreal: Metallurgie Extractive Quebec, 2003.

3. Gupta C.K., Krishnamurthy N. Extractive Metallurgy of Rare Earths. — Boca Raton: CRC Press, 2005.

4. Gasik M. Handbook of Ferroalloys: Theory and Technology. — Elsevier, 2013.

5. ГОСТ 12.0.003-74. Опасные и вредные производственные факторы.