

УДК 622.7

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ МАРГАНЦЕВЫХ РУД

В.Г. Самойлик, С.Н. Правник  
ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»,  
г. Донецк, ДНР

**Аннотация.** В статье приведён анализ методов выщелачивания марганцевых руд различной природы. Сделаны выводы об основных направлениях их совершенствования

**Annotation.** The article provides an analysis of methods for leaching manganese ores of various nature. Conclusions are drawn about the main directions of their improvement.

**Ключевые слова:** марганец, руда, выщелачивание, извлечение, выщелачивающий агент

**Key words:** manganese, ore, leaching, extraction, leaching agent.

Многообразие минеральных форм марганца, крайне неравномерная вкраплённость рудных минералов, различные требования к качеству конечной продукции определяют большое разнообразие, разветвлённость и многостадийность схем обогащения марганцевых руд. Руды обогащаются по гравитационным, гравитационно-магнитным и гравитационно-магнитно-флотационным схемам.

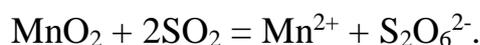
Кроме традиционных методов в процессах переработки марганцевых руд широкое применение нашли комбинированные методы обогащения [1]. Это связано с высокой растворимостью марганцевых минералов в неорганических кислотах – серной, сернистой, азотной и в растворах солей сульфата аммония  $(\text{NH}_4)\text{SO}_4$ , дитионата аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_6$ , хлориде кальция  $\text{CaCl}_2$ .

В зависимости от применяемых выщелачивающих агентов процессы выщелачивания марганецсодержащих продуктов подразделяются на сульфатные, дитионатные, нитратные, аммонийные, содовые [2].

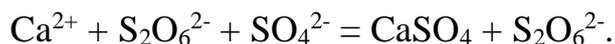
При сульфатном методе руду обрабатывают серной, сернистой кислотой, сернистым натрием. Образующийся при растворении сульфат марганца при взаимодействии с гидроксидом кальция переходит в гидратированный оксид марганца.

Область применения сульфатного метода выщелачивания определяется природой марганецсодержащих минералов в рудах, шламах и шлаках. Если марганец представлен в виде оксида  $MnO_2$ , то он сравнительно легко может быть переведён в раствор с использованием указанных серных реагентов. В случае карбонатных разновидностей марганцевых минералов руду (шламы) необходимо предварительно подвергать прокаливанию для перевода карбонатных соединений в оксидные. Сульфатный метод не применим к рудам, в которых марганец присутствует в силикатных формах.

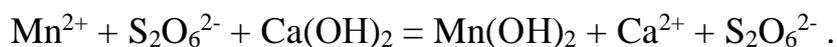
Сущность дитионатного процесса состоит в выщелачивании марганецсодержащих продуктов избытком раствора дитионата кальция ( $CaS_2O_6$ ), через суспензию, которой пропускается газ, содержащий  $SO_2$ . Процесс может быть описан следующей реакцией:



Образующийся сульфат  $MnSO_4$  осаждается в виде  $CaSO_4$  при взаимодействии с дитионатом кальция по реакции:



Отфильтрованный раствор обрабатывают  $Ca(OH)_2$  для осаждения марганца и регенерации дитионата кальция:



Обжиг  $Mn(OH)_2$  при 800-900 °С приводит к получению металлургического концентрата с высоким содержанием марганца и сравнительно низким содержанием фосфора (0,02-0,03 %).

Главное преимущество дитионатного процесса состоит в том, что этим методом можно дефосфорировать и обогащать, наряду с товарными рудами и концентратами, бедные по содержанию марганца продукты: бедные руды, отвальные шламы гравитационного обогащения руд, шлаки. Извлечение марганца в концентрат составляет 90-95%.

Опытно-промышленный комплекс по обогащению и дефосфоризации отвальных шламов дитионатным способом производительностью 25 тыс. т концентрата в год был построен на Марганецком ГОКе (г. Марганец, Украина). Концентрат, полученный на этом комплексе, был успешно использован при выплавке марганцевых ферро-сплавов в промышленных условиях [3].

Особенностью нитратного процесса является восстановительный обжиг исходного сырья для перевода  $MnO_2$  в  $MnO$ . При выщелачивании обожжённого продукта азотной кислотой в раствор переходит марганец, а оксиды  $Fe_3O_4$ ,  $SiO_2$  и  $Al_2O_3$  не растворяются.

Раствор, содержащий нитраты марганца и в небольших количествах нитраты натрия, калия и магния, фильтруют и выпаривают, после чего отправляют на выпаривание. Процесс ведут при 200°C. Выпаривание, сопровождающееся разложением раствора нитрата марганца, проводится до получения диоксида марганца. Образующиеся при выпаривании раствора пары  $\text{HNO}_3$  конденсируются и при концентрации ~50% возвращаются на стадию выщелачивания.

Аммонийный метод применяют для переработки оксидных и карбонатных руд. Оксидные руды вначале подвергают восстановительному обжигу при 750-800°C, а затем выщелачивают марганец аммонийными растворителями, которые являются менее агрессивными и более селективными по сравнению с кислотными. Содовый процесс извлечения марганца из бедных карбонатных руд заключается в обработке их в водной суспензии диоксидом углерода под давлением с переводом карбонатов марганца в растворимый бикарбонат. Кроме перечисленных процессов для извлечения марганца из смешанных и карбонатных руд может быть использовано биохимическое выщелачивание, которое осуществляется чановым способом. Выщелачивающим реагентом являются продукты метаболизма ацетобактерий. Вначале руду измельчают, затем в пульпу подают культивированные штаммы бактерий и перемешивают в течение 48-96 часов при температуре 27°C. Из продуктивного раствора марганец выделяется химическим осаждением или электролизом. Извлечение марганца в раствор при биохимическом выщелачивании составляет более 90%.

#### **Выводы.**

Выполненный анализ показал, что в настоящее время практически для любого типа марганцевых руд может быть найден процесс выщелачивания, обеспечивающий высокое извлечение марганца в концентрат. Направления дальнейшего совершенствования этих процессов должны быть связаны с повышением их селективности, уменьшением эксплуатационных расходов и снижением вредного влияния на окружающую среду.

#### **Перечень ссылок**

1. Самойлик, В.Г. Специальные и комбинированные методы обогащения полезных ископаемых: учебное пособие / Самойлик В. Г. - Донецк: ООО «Східний видавничий дім», 2015.- 164 с.
2. Обогащение руд чёрных металлов : учеб. пособие для обучающихся образоват. учреждений высш. проф. образования / В.Г. Самойлик, А.Н. Корчевский ; ГОУВПО «ДОННТУ». – Донецк : ДОННТУ, 2021. – 276 с.
3. Проблема марганца в российской металлургии / В.Я. Дашевский, А.А. Александров, В.И. Жучков, Л.И. Леонтьев. // Известия высших учебных заведений. Чёрная металлургия. 2020. Том 63. № 8. – С. 579-589.