

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕРХНЕГО НЕПОГРУЖНОГО ДУТЬЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ КОНЦЕНТРАТОВ И ПРОДУКТОВ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ**

**Сергунова Н.Ю.**

**научный руководитель проф. д-р техн. наук Власов О.А.**  
*Сибирский федеральный университет*

В настоящее время наиболее эффективными автогенными плавками являются: процесс Ванюкова, кислородно-факельная плавка, взвешенная плавка. Эти автогенные процессы выгодно отличаются от других следующими преимуществами: в результате использования кислорода и барботажа происходит интенсификация процесса плавления и повышение удельной производительности агрегата; сокращение объема отходящих газов и повышение концентрации в них диоксида серы; обеспечение автогенности процесса при уменьшении или исключении расхода углеродистого топлива; возможность регулирования температуры процесса без изменения других параметров [1, 2]. Однако строительство таких агрегатов требует больших капиталовложений, наличия кислородной станции и медного кессонирования. Концентрированные серосодержащие газы, выделяемые при работе, влекут за собой их переработку с получением элементарной серы либо серной кислоты. В настоящее время строительство таких агрегатов не под силу большинству предприятий СНГ ввиду отсутствия средств. С другой стороны, имеется ряд мелких, но весьма богатых по содержанию ценных компонентов, месторождений в СНГ и, в частности, Красноярском крае, которые не требуют использования таких высокопроизводительных агрегатов. Им требуются сравнительно простые, мобильные и дешевые агрегаты, не требующие привлечения труднодоступных источников энергии в данной местности, а также специфические технологии для переработки руд и концентратов на этих агрегатах.

Г. П. Ермаков и др. [3] провели автогенную плавку норильской руды в агрегате с верхним кислородным дутьем. Наиболее частое применение агрегатов с верхним дутьем используется в черной металлургии. В работе [4] рассмотрена конвективная теплопередача при использовании верхнего дутья. Полученные результаты дают возможность экспериментально оценивать эти характеристики для различных расплавов. Реакторы с верхним дутьем легко поддаются управлению металлургическими процессами, протекающими в них, и благодаря несложной аппаратуре переходят на автоматический режим. В [5] сделан анализ затрат на изготовление агрегатов верхнего дутья, который показал низкую их себестоимость по сравнению с другими автогенными агрегатами. За счет снижения массообмена (по сравнению с барботажными) в агрегатах верхнего дутья можно получить хорошее разделение шлака и металла (штейна), что дает предпосылки глубокому обеднению шлаков во время плавки и высокому извлечению ценных компонентов из него в металл (штейн). Исследования окисленных и сульфидных систем на основе железа, меди и цинка показали возможность восстановления в них цветных металлов.

Принцип процесса переработки концентратов труднообогатимых руд состоит в том, что шихта, состоящая из окисленного продукта (огарка), оборотных материалов, флюса и твердого углеродистого восстановителя (рис. 1), подается через загрузочное устройство 1 в футерованную емкость 2. Часть восстановителя сгорает в результате взаимодействия с кислородсодержащими окислителями и выделяет необходимое тепло для нагрева и плавления исходных продуктов. Оставшаяся часть восстановителя идет на восстановление металла из окисленных продуктов и наведение необходимых

шлаков. Ввиду того, что окислитель подается через верхнюю непогружную фурму 3, барботаж расплава незначителен, и в футерованной емкости 2 образуется три слоя: верхний – непрореагировавшая шихта 4, средний – наведенный шлак 5, и нижний 6 – восстановленный металл (штейн). Такое разделение имеет ряд преимуществ. Восстановленный металл защищен слоем шлака и шихты от окислителя, шлак также защищен от окислителя слоем шихты, содержащей восстановитель, что предотвращает образование магнетита в железистых шлаках и приводит к более низкому содержанию цветных металлов в нем по сравнению с обычной плавкой. Все реакции идут в шихте в твердом виде, что ускоряет процесс. Образованные корольки металла в шихте проходят через слой шлака, где обедняются по содержащемуся в них железу. Плавка серосодержащих продуктов ведется при практически полном отсутствии сернистого ангидрида в отходящих газах.

**Схема процесса переработки продуктов цветной металлургии с использованием верхнего непогружного дутья**

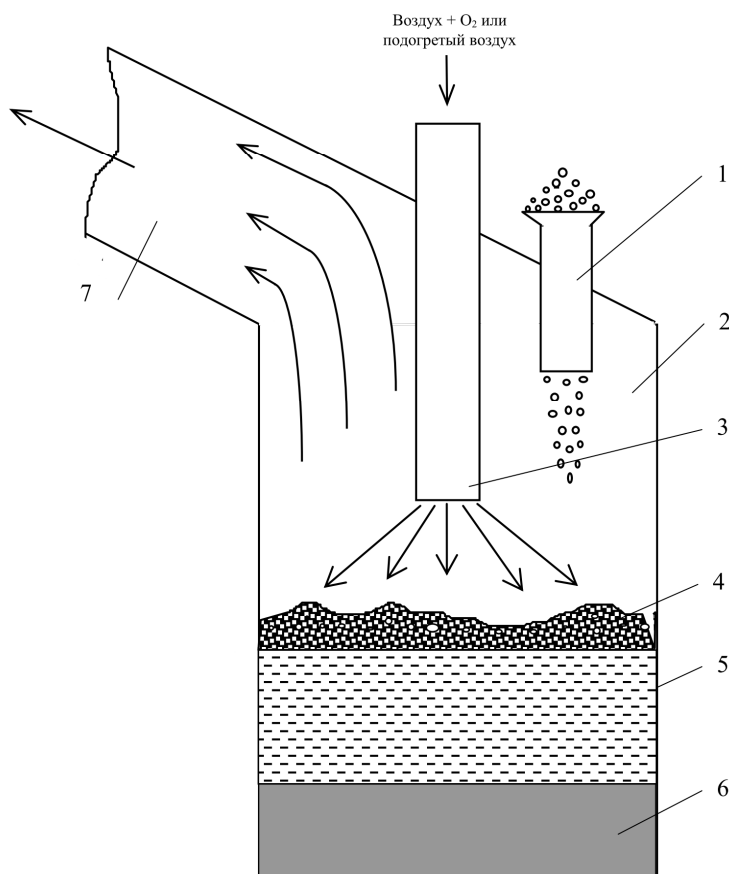


Рисунок 1 - Агрегат для непрерывной переработки руд и обеднения шлаков  
1 – загрузочное устройство; 2 – футерованная емкость; 3 – непогружная фурма; 4 – шихта; 5 – шлак; 6 – восстановленный металл (штейн); 7 – газоход

Незначительный барботаж и хорошее разделение шихты, шлака и восстановленного металла с удалением металла и шлака через специальные сифоны. Газы, полученные в результате металлургических взаимодействий, удаляются через газоход 7 на газоочистку.

Восстановительные способности вышеприведенного способа были проверены в укрупненно-лабораторных опытах при восстановлении никеля из никелевых огарков,

полученных от обжига никелевого концентрата ЦРФ. Никелевый огарок взят после обжига никелевого концентрата, полученного от флотационного разделения медно-никелевого фэйнштейна. В опыте огарок совместно с коксом в соотношении 1:(0,23–0,30) загружали в алундовый тигель, предварительно разогретый до температуры ~ 1723 К для нормального ведения процесса, и продували смесью кислорода и воздуха для поддержания необходимых температур с расходом смеси по кислороду 307–360 кг. на тонну получаемого никеля. Состав исходного никелевого огарка следующий масс. %: 67,33 – Ni; 3,43 – Cu; 1,02 – Co; 3,25 – Fe; 0,5 – S. Полученный черновой никель имеет состав масс. %: 89,2 – Ni; 4,54 – Cu; 1,35 – Co; 4,3 – Fe; 0,65 – S. Микроскопическое исследование выплавленного никеля показало плотную структуру металла, а рентгеноспектральный анализ выявил, что состав его близок к черновому никелю, получаемому в промышленности. Дальнейшую доводку чернового никеля до анодного можно проводить в той же реакционной емкости с подачей флюсов и присадок.

В марте 2013 года по результатам проведенных работ подана заявка на изобретение «Способ обеднения медьсодержащих шлаков» (заявка №2013113197), которая прошла предварительную экспертизу и в настоящий момент находится в стадии рассмотрения выдачи патента. В сентябре 2013 года данная работа была представлена на пятом международном конгрессе «Цветные Металлы 2013», а также напечатана в сборнике докладов этого конгресса.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Власов О.А. Использование верхнего непогружного дутья для переработки концентратов и продуктов цветной металлургии. / В.В. Мечев, О.А. Власов. Н.Ю. Сергунова Цветные металлы 2013. Сборник докладов пятого международного конгресса. 2013. С.312-316
2. Снурников А. П., Макарова С. Н. Дутье в автогенных процессах // Цветные металлы. - 1989. - №5. - С. 33-37.
3. Ермаков Г.П. Цемехман Л.Ш., Худяков В.М. и др. Автогенная плавка сульфидной медно-никелевой руды // Цветные металлы. - 1986. - №5. - С. 14-16.
4. Panagiotis G. Convective Heat-Transfer Measurements in Liquid Metals under Different Fluid Flow Conditions / G.Panagiotis, A. Sismanis and Stavros Argyropoulos // Met. trans. B. - Vol. 19 B. - December - 1988. - Pp. 859-870.
5. Rauken W.J. Process engineering of SIROSMELT reactor: lance and bath - mixing characteristics. - Extr. Met' 89. - Pap. Symp. London 10 -13 July 1989. - London. - Pp. 577-600.