

## **УТИЛИЗАЦИЯ ЖЕЛЕЗА КОНВЕРТЕРНЫХ ШЛАКОВ ПРИ ОКИСЛИ- ТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ ИЗВЛЕЧЕНИЕМ ВОДОРОДА**

Современное металлургическое производство стали реализуется с участием двух агрегатов – доменная печь и конвертер. При этом потребляется большое количество ископаемого углеродсодержащего топлива, что сопровождается выбросами значительного количества парниковых газов, и является насущным вопросом для разработки экологически чистых производств чугуна и стали. Образующиеся газы и побочные продукты должны перерабатываться наиболее полно. Огромный потенциал тепловой энергии, генерируемый в этих процессах в виде теплоты отходящих газов, теплоты расплавленной стали и шлака, неорганизованные потери теплоты используются не в полной мере, а рассеиваются в атмосферу. Известны разработки, направленные на утилизацию теплоты различных процессов, однако до практической реализации они не были доведены.

В процессе производства стали используются флюсы для создания шлаков определенной основности и имеют температуру на выпуске 1873 - 1923К. Сталеплавильный шлак содержит существенное количество металлического железа. Исследования показывают, что около 8% по массе магнитного продукта может быть извлечено из шлака. Методы извлечения металлического железа из шлака известны и широко применяются. Кроме того, сталеплавильный шлак содержит значительную концентрацию FeO (20 - 30%, поэтому возникает задача доизвлечения железа из немагнитной оксидной фазы вюстита путем перевода в магнитную фазу. Расчет энергии Гиббса показывает, что при взаимодействии с парами воды в температурном диапазоне 700 - 800К термодинамически возможна реакция окисления мелких корольков металлического железа, доокисление вюстита до магнетита. Окисление магнетита в гематит термодинамически невозможно в отсутствие кислорода. Чтобы избежать потерь легко извлекаемого металлического железа, целесообразно рассмотреть вопрос о дроблении и охлаждении шлака по крайней мере, ниже точки Кюри, с тем чтобы обеспечить извлечение металлического железа. Прогнозируемый выход водо-

рода в реакции окисления вюстита парами воды делает привлекательным данный процесс для получения дополнительного количества восстановительного газа. При этом снижаются потери железа со шлаком. Термодинамика фазовых равновесий в системе  $\text{Fe}_{1-y}\text{O}-\text{Fe}_3\text{O}_4-\text{H}_2-\text{H}_2\text{O}$  была детально изучена и обобщена в монографии [1]. Показано, что в условиях равновесия, выход водорода увеличивается с уменьшением температуры. Однако, оптимальная температура процесса получения водорода является компромиссом термодинамики и кинетики реакции. Исследования [2] показали, что для реакции взаимодействия вюстита с парами воды коэффициент конверсии паров растет с 30% до 80%, при увеличении температуры от 480 до 575°C (753 до 848 К). В случае использования сталеплавильного шлака возможна реакция взаимодействия паров воды с оксидом кальция, формирование гидроксида кальция и снижение эффективности процесса. Термодинамически оптимальный температурный диапазон для окислительно-восстановительной обработки конвертерного шлака составляет 805 - 987К. При этом взаимодействие паров воды с FeO возможно, в то время как гидроксид кальция не образуется. Температурный диапазон от 601 до 805К является менее предпочтительным, так как возможно образование гидроксида кальция. Оптимальная в этом диапазоне температура находится чуть ниже точки Кюри для железа (1043 К) и, следовательно, разделение металлического железа возможно без кинетических затруднений реакции взаимодействия с парами воды. Таким образом, термодинамические расчеты по программе FactSage 6.2 показали обоснованность процесса использования FeO и теплоты сталеплавильных шлаков для получения водорода. Показано, что FeO в конвертерном шлаке и  $\text{H}_2\text{O}$  газа взаимодействуют с получением  $\text{H}_2$ . Увеличение температуры газа до оптимальных значений и содержания FeO в шлаке позволит увеличить произведенное количество водорода.

### Список литературы

1. Л. Богданди, Г. Ю. Энгель: Восстановление железных руд / Пер. с нем./ Под ред. А.Н. Похвиснева. – М.: Металлургия, 1971. – 520 с.
2. Б.И. Бондаренко. Восстановление окислов металлов в сложных газовых системах. Киев: Наукова думка, 1980. – 386 с.