

УДК 621.74.047

К вопросу о восстановлении оксидов

Студент гр.104324 Кухарчук М.В.
Научный руководитель – Крутилин А.Н.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В процессе непрерывного литья заготовок, термической обработки, нагрева заготовок под последующую обработку давлением, на металлургических заводах безвозвратно теряется до 5-6% полезной массы металла в виде окалины. Наряду с железом окалина содержит большое количество легирующих элементов, таких как молибден, никель, ванадий, хром и т.д. Возвращение в производство вторичного сырья, наряду с решением экологических проблем, представляет значительный источник сырья для производства черных металлов, позволяющий одновременно повысить экономические показатели металлургического производства.

Вопросам высокотемпературного окисления и обезуглероживания стали, в технической литературе

уделяется достаточно много внимания, однако наиболее полные издания по этой тематике относятся к 70-80 гг. XX века.

В последнее время наблюдается интенсивный рост числа работ, направленных на создание новых процессов и агрегатов прямого получения губчатого железа и металла из мелкодисперсных материалов, в том числе из окалины, пыли и шламов газоочисток в продукт, пригодный для производства стали в электродуговых печах.

Ведутся работы по оптимизации процесса нагрева стали под последующую прокатку, с целью снижения количества образующейся окалины. Динамика этих процессов зависит от ряда факторов, важнейшими из которых являются температура, средство углерода и металла к кислороду, скорость образования, прочность оксидной пленки, ее дефектность и др.

Методы прямого восстановления оксидов железа в основном подразделяются по типу восстановителя: восстановление газами и с помощью твердого углерода.

Основным восстанавливающим агентом считается монооксид углерода CO, роль твердого углерода сводится к регенерации CO по реакции газификации. Однако считается, что по отношению к термодинамически прочным оксидам, таким как CrO₃, TiO, ZrO, Nb₂O₅ монооксид углерода является термодинамически слабым восстановителем, что подтверждается экспериментальными данными. Углеродсодержащие материалы, применяемые в качестве восстановителей в металлургии, содержат возгоняемые компоненты, в основном это водород и метан. Шихтовые материалы при нагреве могут выделять конституционно связанную воду, которая после взаимодействия с углеродом дает водород и CO. Следует отметить, что интенсифицирующее влияние водорода наблюдается только в присутствии твердого углерода, когда создаются условия для его газификации водородсодержащими газами. Восстановление оксидных соединений металлов, осуществляемое за счет присутствующего в системе углерода, принадлежит к группе важнейших металлургических процессов, и перспективы использования его возможностей далеко не исчерпаны. Наиболее полную информацию о восстановительной способности веществ можно получить, если провести балансовые расчеты выхода целевого продукта в заданных равновесных условиях в зависимости от исходного состава системы, а также по парциальному давлению восстановителя, и по количеству восстановителя, которое затрачивается на достижение конкретной степени восстановления металла из оксида.

Значительным резервом интенсификации процессов восстановления может стать создание в металлургическом агрегате условий для образования газообразных углеродсодержащих соединений, обладающих повышенной восстановительной способностью.

В настоящее время все большее внимание уделяется использованию энергетических воздействий с целью интенсификации технологических процессов, в основе которых лежат гетерофазные взаимодействия. Большой научный и практический интерес представляет воздействие бесконтактного электростатического поля на газовое и углеродотермическое восстановление оксидов металлов. Металлизация Fe₂O₃, при наложении электростатического поля протекает в три стадии, подтверждая классическую схему Fe₂O₃ - Fe₃O₄ - FeO - Fe. Особенностью восстановления Fe₂O₃ в поле является интенсификация третьей стадии процесса. Завершающая стадия металлизации Fe₂O₃ начинается приблизительно с T=850 °C. Таким образом, на этапе восстановления FeO → Fe при приложении электростатического поля к моменту достижения T_m=915 °C скорость реакции увеличивается в 2 раза по сравнению с металлизацией в обычных условиях.

При углеродотермическом восстановлении практически у всех изученных оксидов электростатическое поле не оказывает заметного влияния на температурные интервалы процессов. Влияние поля на кинетические закономерности углеродотермического восстановления оксидов металлов вероятно связано с тем, что внешнее поле играет роль независимого термодинамического параметра системы, аналогично температуре, давлению и составу. Заметное изменение термодинамических потенциалов наблюдается только при полях напряженностью $E \sim 10^8 - 10^9$ В/см. Следует предположить, что наблюдаемое изменение кинетических закономерностей восстановления оксидов под воздействием электростатического поля происходит за счет протекания реакции на границе раздела газ - твердое тело. Из-за дефектов примесей и свойств поверхностных слоев, локальная диэлектрическая проницаемость и поляризуемость поверхности твердого тела значительно отличаются от их усредненных значений в объеме образца. Под воздействием электростатического поля происходит активация дефектов, что приводит к интенсификации восстановительных процессов, происходящих на границе раздела газ - твердое тело [1].

При существующем уровне развития науки и техники до создания относительно дешевых, технологичных и легко реализуемых способов массового безокислительного и необезуглероженного нагрева стали под прокатку и ковку, пройдет не одно десятилетие. В связи с этим разработка технологических процессов обеспечивающих значительное снижение образующихся оксидов, а также способов эффективного восстановления их, представляет значительный интерес.

1. Д.И. Рыжонков, В.В. Левина, М.А. Вишкарева, СБ. Костырев Влияние воздействия бесконтактного электростатического поля на восстановление оксидов металлов. Известия вузов Черная металлургия, 1997 г.