

Ю.И. Сокур, Л.В. Камкина, Р.В. Анкудинов

Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИОНООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ “МЕТАЛЛ-ШЛАК-ВОДОРОД”

Водород ухудшает эксплуатационные свойства сталей и сплавов. Основным источником водорода в металле является печная атмосфера, и передача водорода из газовой фазы в металлический расплав происходит в основном через шлак, состав и свойства которого определяют качество конечной продукции.

Вопросами взаимодействия газов со шлаками особое внимание уделено в работах В.И. Явойского. Рассматривая закономерности распределения водорода между металлом и шлаком, он отметил, что параллельно протекает ряд аналогичных процессов, в частности, перераспределение кислорода, марганца, железа и т. п. Необходимо учёт величин распределения компонентов между фазами, что затрудняет выбор того или иного механизма процесса распределения как водорода, так и других компонентов. Особое внимание уделяется моделированию шлаковых расплавов и прогнозированию влияния состава шлака на степень растворимости в нем водорода и паров воды.

Лимитирующим этапом в многостадийном переходе водорода и паров воды из газовой фазы в металлическую является массоперенос их в толще шлакового покрова ванн. Это обстоятельство существенно уменьшает скорость их поступления к металлу по сравнению с непосредственным взаимодействием обнаженного металла с газовой фазой, что и позволяет в значительной мере управлять процессом. Известные исследования в этом направлении ставили своей задачей определение водородопроницаемости шлаков в зависимости от их состава и температуры. Для оценки сорбционных свойств синтетических шлаков для внепечной обработки сталей или для электрошлакового переплава, необходимы сведения о пределах растворимости в них водорода и других газов.

Исследование растворимости водорода в металлургических расплавах не может быть ограничено только сталеплавильными системами. Использование природного газа в доменной плавке делает актуальным исследование особенностей распределения водорода на различных стадиях формирования чугуна. Вспениваемость газосодержащих доменных шлаков в значительной мере влияет на газодинамику процесса плавки, а вместе с тем и на производительность доменных печей.

Влияние водорода на механические свойства ряда сталей проявляется в виде

водородного охрупчивания. Для сталей с мартенситной структурой это влияние является наиболее сильным, меньше проявляется для сталей с термодинамически устойчивой структурой, состоящей из зернистого и тонкопластинчатого перлита. Аустенитные стали практически не подвержены водородному охрупчиванию.

С проявлением водородного охрупчивания сталей связан и их специфический дефект, называемый флокенами. Возникновение флокенов определяют внутренние напряжения, связанные с деформацией и охлаждением металла, и напряжение, создаваемое присутствующим в металле водородом.

Основными водородосодержащими газами в пирометаллургических процессах являются пары воды и водород. Различные углеводороды, а также аммиак термически неустойчивы и в печных атмосферах сталеплавильных агрегатов практически не обнаруживаются. Исследования процессов межфазного распределения водорода в металлургических системах ограничиваются распределением водяных паров и водорода.

Для физико-химического моделирования закономерностей ионообменных процессов в системе “металл-шлак-газ” использована оценка модельных параметров структуры шлаковых систем на основе кооперативного характера их межатомного взаимодействия. Систематизированы существующие экспериментальные данные о растворимости водорода в шлаковых расплавах систем $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, CaO-MgO-SiO_2 , $\text{CaO-SiO}_2\text{-FeO-Fe}_2\text{O}_3$.

Анализ большого количества экспериментальных данных показывает, что шлак в сравнении с металлом обычно относительно пересыщен водородом. Это свидетельствует о том, что шлак действительно является защитной средой и передача водорода через него металлу связана с необходимостью преодоления диффундирующими ионами энергетического барьера на межфазной границе металл-шлак

Растворение водяных паров приходится на область шлаков с некоторым избытком кислорода, а растворение водорода - на область шлаков с дефицитом кислорода. Иными словами, растворение воды в шлаках происходит только в окислительных условиях, а водорода - в восстановительных.

В свете изложенного логично предположить, что доминирующая роль показателя стехиометрии в многофакторных зависимостях является признаком пребывания водорода в относительно нейтральном состоянии, повышение же роли параметра химического эквивалента состава свидетельствует об активизации его взаимодействия с окружающими атомами матрицы, в первую очередь кислорода.