

УДК 621.791

Комплексная методика оценки воздействия водорода на сварное соединение

Розанов Дмитрий Сергеевич

dsz@bmstu.ru

SPIN-код: 1346-7240

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрены различные аспекты влияния водорода на свойства металла сварного соединения. Представлены возможные методы воздействия водорода на такие показатели сварного соединения, как стойкость против образования холодных и ламелярных трещин, поднаплавочных трещин, коррозионное растрескивание под напряжением, а также влияние насыщения металла водородом на изменение свойств в вершине трещины при возникновении трещин как вызванных воздействием водорода, так и трещин другой природы, но произрастающих в металле, насыщенном водородом. Представлены методы учета насыщения водородом металла сварного соединения как в процессе сварки, так и в процессе эксплуатации конструкции в водородосодержащей среде.

Ключевые слова: диффузионный водород, холодные трещины, ламелярные трещины, коррозионное растрескивание под напряжением, насыщение водородом

Введение. Проблема воздействия водорода на металл сварного соединения носит комплексный характер, и для ее решения надо решить две основные группы задач [1–3]. Первая группа задач состоит в определении концентрации водорода в каждой точке сварного соединения в каждый момент времени за весь период изготовления и эксплуатации сварного соединения, куда входят задачи о диффузии и десорбции водорода через границы сварного соединения, задачи определения диффузионных свойств металла сварного соединения с учетом разницы диффузионных свойств в зависимости от фазового состава структуры металла, определение типов и проницаемости для водорода границ сварного соединения. Вторая группа задач состоит в установке численных значений величин, характеризующих ранее определенное воздействие водорода на показатели, в первую очередь, склонности к образованию холодных и ламелярных трещин, коррозионному растрескиванию под напряжением и ускоренному росту трещин [4–6].

Методы и материалы; результаты. Подробно описана реализованная в виде программного комплекса методика расчета концентрации диффузионного водорода в многослойных сварных соединениях из низколегированных сталей. Показано, по каким причинам наиболее подходящим для моделирования процессов диффузии и десорбции водорода методом является метод конечных элементов. Установлены необходимые для использования метода конечных элементов допущения и ограничения при проведении расчетов. Разработаны и реализованы методики расчета потоков водорода через грани-

цы конечных элементов с учетом разности коэффициентов диффузии и растворимости водорода в зависимости от температуры. Разработана и реализована методика расчета перемещения водорода через внешние границы сварного соединения. Разработана методика оценки влияния концентрации диффузионного водорода на показатели трещиностойкости материала. Разработана и реализована методика оценки скорости развития трещин различной природы при наличии повышенной концентрации диффузионного водорода в вершине трещины. Разработана и реализована расчетная оценка влияния процессов термической обработки перед процессом сварки, во время процесса сварки и после окончания процесса сварки на изменение концентрации диффузионного водорода в сварном соединении.

Заключение. Методика расчета концентрации диффузионного водорода, реализованная в виде программного комплекса, показала свои преимущества. Основным преимуществом данного программного комплекса является возможность моделирования процесса выхода диффузионного водорода из многослойных сварных швов реальных конструкций из углеродистых и легированных сталей. С помощью программного комплекса можно скорректировать режимы сварки и термообработки, при которых концентрация диффузионного водорода снижается до безопасного уровня.

Список источников

- [1] Фролов В.В. *Теория сварочных процессов*. Москва, Высшая школа, 1988.
- [2] Макаров Э.Л. *Холодные трещины при сварке легированных сталей*. Москва, Машиностроение, 1981, 248 с.
- [3] *Компьютерное проектирование и подготовка производства сварных конструкций*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.
- [4] Куркин А.С., Макаров Э.Л. Программный комплекс «Сварка» — инструмент решения практических задач сварочного производства. *Сварка и диагностика*, 2010, № 1, с. 16–24.
- [5] Макаров Э.Л., Егоров Н.И. Распределение водорода в многослойных сварных соединениях легированных сталей. *Сварочное производство*, 1984, № 3, с. 3–6.
- [6] Махненко В.И., Королева Т.В., Лавринцев И.Г. Влияние микроструктурных изменений на перераспределение водорода при сварке плавлением конструкционных сталей. *Автоматическая сварка*, 2002, № 2, с. 7–13.