

---

## **Особенности технического диагностирования сосудов работающих в водородосодержащих средах.**

- Толчеев Сергей Тихонович - технический директор ООО «Липецкпромэкспертиза»  
- Толчеев Ярослав Сергеевич - эксперт ООО «Липецкпромэкспертиза»

Техническое диагностирование, это проведение комплекса научно-технических мероприятий (по неразрушающему, разрушающему контролю, анализу прочности, исследованию коррозионного состояния и др.) которые позволяют определить возможность, параметры и условия дальнейшей эксплуатации этого оборудования.

В связи с длительными сроками эксплуатации сосудов под давлением, находящихся на опасных производственных объектах, и ежегодно увеличивающимся числом аварийных отказов, которые связаны с образованием в сосуде дефектов по мере его эксплуатации, становится недостаточным простого технического диагностирования, и без проведения специальных диагностических мероприятий такие дефекты практически не выявляемы вплоть до наступления предразрушающего состояния и возникновения аварии.

Рассмотрим взаимодействие водорода с металлом.

Растворение водорода в металле происходит за счет диффузии ионов водорода к поверхности металла, адсорбции ионов на металлической поверхности, восстановления его до атомарного состояния, перехода атомов водорода в кристаллическую решетку металла и миграции атомов водорода в кристаллической решетке.

Между водородосодержащей средой и металлом через определенный промежуток времени после возникновения контакта наступает равновесие распределения водорода, т. е. металл насыщается водородом. Растворенный в стали атомарный водород вызывает снижение прочности и пластичности и может приводить к замедленному разрушению при нагрузках и температурах, которые при отсутствии водорода безопасны. Водород снижает при высоких температурах длительную прочность и длительную пластичность и может ускорять ползучесть. Это явление называется водородной хрупкостью и свойственно всем случаям, когда металл насыщается водородом. В частности, при насыщении металла водородом в процессе сварки (водород попадает из влажной обмазки электродов или ржавчины – гидрооксида железа) может наблюдаться повышенная способность к трещинообразованию наплавленного металла или околошовной зоны.

Диагностированием предусматриваются оценка степени и характера изменения структурного состояния материала у поверхности со стороны контакта с водородосодержащей средой и выявление признаков, свидетельствующих о протекании в металле процесса водородной коррозии (обезуглероживание и снижение твердости).

Определение твердости металла неразрушающим методом с помощью переносных твердомеров по ГОСТ 22761-77, ГОСТ 22762-77. Проведение металлографических исследований без разрушения (например методом «Реплик»). Определение химсостава в соответствии с ГОСТ 7122-81.

При получении неразрушающими методами контроля значений твердости превышающих на 15% значения характерные для данной марки стали, а также получения данных об изменении структуры металла и химсостава, исследования должны быть продолжены с использованием разрушающих методов.

Учитывая условия эксплуатации, РД 03-421-01 определяет особые требования к диагностированию и определению остаточного ресурса сосудов и аппаратов, работающих в водородосодержащих средах.

При техническом диагностировании данных объектов необходимо проведение исследования

---

микроструктуры, определения значений ударной вязкости и содержания водорода в металле на вырезках (размером 100×150мм). Заготовка должна включать в себя основной металл, зону термического влияния и металл сварного шва.

Микроисследования шлифов вырезанных образцов позволяют определить величину обезуглероженного слоя с наружной и внутренней поверхности металла, дефекты сварных швов, появление мартенситной структуры в зоне сплавления, коррозионного разрушения, распределение и величину неметаллических включений, величину зерна. Определение ударной вязкости проводится в соответствии с ГОСТ 9454-78. Определение содержания водорода в металле производится методом вакуум-плавнения. Для чего из заготовки вырезают образцы диаметром Ø2,0мм, длиной 3-4мм. Поверхность должна быть очищена от окалины, обезжирена растворителем и осушена этиловым спиртом. Вырезка образцов производится механическим способом при условии, чтобы нагрев поверхности не превышал 50÷60<sup>0</sup>С.

Недопустимым является превышение глубины обезуглероживания слоя со стороны внутренней поверхности по сравнению с наружной на 40%, наличие дефектов в сварных швах, превышающих регламентируемые ОСТ 26-291-94, появление микротрещин, скопление неметаллических включений выше 4-го балла по ГОСТ 5639-82, образование крупнозернистой структуры основного металла с размером зерна свыше 3-го балла по ГОСТ 5639-82, глубокая язвенная и точечная коррозия.

После проведения неразрушающего и разрушающего (с последующими ремонтно-восстановительными работами) контроля необходимо провести поэлементный поверочный расчет сосуда на прочность с учетом полученных результатов. Расчеты выполняются в соответствии с действующей нормативно-технической документацией: ГОСТ 14249-89, ГОСТ 24755-89 и др.

Чтобы определить возможность, параметры и условия дальнейшей эксплуатации сосудов и аппаратов, работающих в водородосодержащих средах необходимо выполнить все эти мероприятия. Но многие организации не имеют в своем составе лабораторий разрушающего контроля, химического анализа, металлографии.

Места вырезки и способы последующей заделки мест вырезки определяется по согласованию с предприятием, эксплуатирующим диагностируемое оборудование РД 03-421-01 п. 7.4.3.

Руководитель предприятия обращается в экспертные организации для проведения работ без вырезок и соответственно без ремонтно-восстановительных работ так, как проведение такого обследования значительно снижает стоимость работ. В результате снижается качество работ и т.д.

Но есть и другая особенность проведения технического диагностирования сосудов и аппаратов в водородосодержащих средах, это возникающие сложности при проведении ремонтно-восстановительных работ, в основном на сосудах где происходит обезуглероживание слоя металла, сосудах работающих с температурой выше 300<sup>0</sup>С. Как показывает практика при заделке мест вырезки образуются трещины в наплавленном металле или околошовной зоне. Учитывая опасность таких действий считаем, что необходимо конкретно для таких сосудов определить, чтобы по окончании расчетного срока службы, остаточный ресурс составлял не более двух лет (при положительных результатах диагностирования), после чего сосуд подлежал списанию.

---

### Список литературы:

1. РД 03-421-01. Методические указания по проведению диагностирования технического состояния и определению остаточного срока службы сосудов и аппаратов.
2. ОСТ 26-291-94 Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические требования.
3. ГОСТ 14782-86 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.
4. ГОСТ 22761-77. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Бринеллю переносными твердомерами статического действия.
5. ГОСТ 22762-77. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости на пределе текучести вдавливанием шара.
6. ГОСТ 7122-81 Швы сварные и металл наплавленный. Метод отбора проб для определения химического состава.
7. ГОСТ 9454-78 Металлы. Метод испытаний на ударный изгиб при пониженной, комнатной и повышенной температурах.
8. ГОСТ 14249-89 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
9. ГОСТ 24755-89 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность укрепления отверстий.
10. Арчаков Ю. И. Водородная коррозия стали. Москва, Металлургия, 1985г.