

**ГЕРБЕР Т. М., КЛИСЕНКО Л. Б., ГРЕКОВ П. В.  
ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ НАЛИЧИИ ПИТТИНГОВОЙ  
КОРРОЗИИ НА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

*Гербер Татьяна Михайловна*

ООО «УРАЛ-ПРОФИ+», инженер

Электронная почта: UP.plus6189@yandex.ru

*Клисенко Леонид Борисович*

ООО "ЭПБ-Сервис", генеральный директор, эксперт

Электронная почта: epb-service@yandex.ru

*Греков Павел Викторович*

ООО «УРАЛ-ПРОФИ+»,

руководитель экспертной организации

Электронная почта: UP.plus6189@yandex.ru

*Аннотация.* В работе проанализированы особенности проведения экспертизы промышленной безопасности оборудования нефтеперерабатывающих предприятий, отработавшего нормативный срок эксплуатации при наличии питтинговой коррозии.

*Ключевые слова:* коррозия, питтинговая коррозия, коррозионностойкие стали, экспертиза промышленной безопасности, визуальный контроль, ультразвуковой контроль, коэффициент концентрации напряжений, дефекты, расчет на прочность, расчет остаточного ресурса.

**GERBER T. M., KLISENKO L. B., GREKOV P. V.  
PECULIARITIES OF CARRYING OUT EXAMINATION OF INDUSTRIAL SAFETY  
EQUIPMENT IN THE PRESENCE OF PITTING CORROSION IN REFINERIES**

*Gerber Tatyana Mikhailovna*

LLC "URAL-PROFI +", engineer

E-mail: UP.plus6189@yandex.ru

*Grekov Pavel Viktorovich*

LLC "URAL-PROFI +", the head of the expert organization

*E-mail:* UP.plus6189@yandex.ru

*Klisenko Leonid Borisovich*

Ltd. "EPB-Service" CEO, general director, expert

E-mail: epb-service@yandex.ru

*Abstract.* The paper analyzes the peculiarities of carrying out examination of industrial safety of equipment of oil refineries, spent a normative term of operation in the presence of pitting corrosion.

*Keywords:* corrosion, pitting corrosion, corrosion resistant steel, industrial safety expertise, visual inspection, ultrasonic testing, coefficient of stress concentration, defects, strength calculation, calculation of a residual resource.

Коррозионное разрушение металла является одной из существенных причин потери работоспособности и снижения долговечности металлических конструкций.

Сначала определимся с основными понятиями.

В соответствии с ГОСТ 5272-68\* «Коррозия металлов. Термины» Коррозия металлов – это разрушение металлов вследствие химического или электрохимического взаимодействия их с коррозионной средой.

Коррозионная стойкость – способность металла сопротивляться коррозионному воздействию среды.

Местная коррозия- это коррозия, охватывающая отдельные участки поверхности металла.

Точечная коррозия (питтинг) – это местная коррозия металлов в виде отдельных точечных поражений.

Питтинг это одна из наиболее коварных форм коррозии. Он приводит к разрушению оборудования вследствие сквозного прободения при очень незначительной потере общего веса всей конструкции.

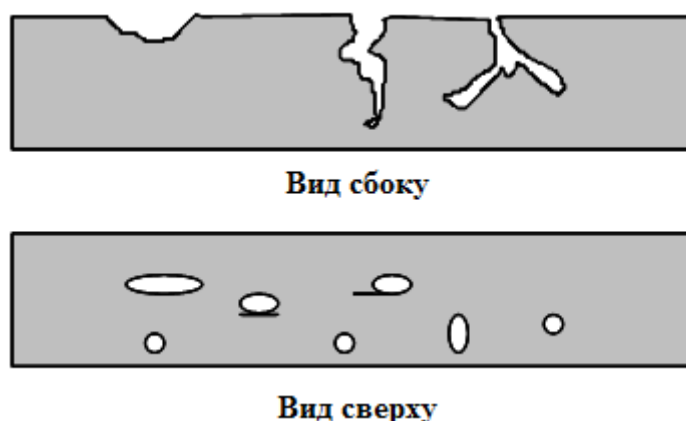


Рис. 1 Питтинговая коррозия

В процессе развития локальных коррозионных процессов часто происходит переход одного вида коррозии в другой. Так, например, начальной стадией развития язвенной, межкристаллитной и щелевой коррозии, а также ряда коррозионно-механических повреждений при коррозионно-усталостных процессах или при статической коррозии под напряжением, часто является питтинговая коррозия.

Характер коррозионных повреждений оборудования, работающего в агрессивных средах в химии, нефтехимии и нефтепереработке зависит от многих факторов: материала конструкции, технологической среды, технологических параметров, от типа самого оборудования. Склонность к питтинговой коррозии значительно уменьшается при увеличении в металле содержания хрома, никеля, молибдена. Для каждого из рассматриваемых элементов существует определенная область, концентраций, в пределах которой легирование оказывает наиболее сильное влияние на питтингостойкость сплава.

Если технологическое оборудование изготовлено из коррозионностойких материалов, то срок службы такого оборудования увеличивается и вероятность выхода из строя оборудования из-за коррозионных процессов существенно снижается. Но вследствие дороговизны таких материалов, их применение довольно ограничено.

Основной причиной возникновения питтингов является дефектность (неоднородность) структуры реальных металлических материалов. Эффективность действия дефектов структуры металла как стимуляторов питтинговой коррозии различна.

Термическая обработка и холодная деформация металлов могут оказывать влияние на их склонность к питтинговой коррозии вследствие изменения дефектности структуры, причем степень и направление влияния могут быть различными и зависят как от свойств

самого металла, так и от конкретного типа его обработки. Так, например, слабые деформации могут приводить к росту склонности металлов к питтинговой коррозии вследствие повышения плотности дислокаций, появления линий скольжения и т.п., а сильные деформации, повышающие однородность его структуры, могут, напротив, способствовать увеличению питтингостойкости.

Интенсификацию питтинговой коррозии, как правило, вызывает и рост температуры, однако интервалы ее наиболее сильного влияния для материалов различной природы различны.

Для протекания питтинговой коррозии необходимо выполнение ряда условий:

- \*питтинг образуется на поверхности металлов, находящихся в пассивном состоянии;
- \*развитию питтинга способствуют дефекты пассивирующей пленки (структурные неоднородности, посторонние включения, поры);
- \*в технологической среде должны одновременно присутствовать активаторы питтинговой коррозии и пассиваторы металла.

Питтинговая коррозия может появляться в самых различных технологических средах.

Скорость развития питтинга может быть очень велика.

Так, при работе в среде пропилена сосудов, работающих под избыточным давлением, изготовленных из стали 09Г2С, обследованных нами в ЗАО «Завод синтетического спирта» при сроке эксплуатации всего лишь 15 лет почти во всем резервуарном парке для хранения пропилена питтинговые коррозионные язвы были глубиной до 4-5 миллиметров, что составляло 20% от общей толщины стенки сосудов. Если учесть, что расчетное давление в сосудах — 2,3 МПа, а вероятность пропуска при проведении неразрушающего контроля из-за маленького диаметра питтинговой коррозионной язвы очень велика, то очевидна опасность наличия подобных дефектов в сосудах, работающих под избыточным давлением.

Визуальный контроль для выявления питтинговых коррозионных язв необходимо проводить обязательно с применением увеличительных луп или эндоскопов. Глубину же питтинговой коррозионной язвы иногда удается замерить только с применением игл.

Глубокие питтинги выявляются и при проведении ультразвукового контроля.

В соответствии с «Инструкцией по продлению срока службы сосудов, работающих под давлением» СО 153-34.17.439-2003, дефекты глубиной более 15% от общей толщины стенки сосуда допускаются не выбирать. Выборки дефектов глубиной не более 20 % номинальной толщины стенки элемента, но не более 3,5 мм и максимальной протяженностью не более  $0,25\sqrt{DS}$  допускаются не заваривать. Вопрос о необходимости заваривания выборок, превышающих указанные размеры, решается на основе расчета на прочность.

Следует учесть, что при проведении ремонта питтинговых коррозионных язв, будет снято еще 1-2 миллиметра толщины стенки сосуда.

Ремонт сосудов, находящихся в эксплуатации сопряжен с дополнительными трудностями:

1. Требуется тщательная зачистка внутренней поверхности от загрязнений;
2. Ремонт проводится в стесненных условиях;
3. Достаточно трудно обеспечить необходимый уровень освещения;
4. Требуется специалисты высокой квалификации и т.д.

Довольно часто, при проведении экспертизы промышленной безопасности, сталкиваешься с тем, что следы ремонта сосудов, работающих под избыточным давлением,

есть, а документы на ремонт отсутствуют, что свидетельствует чаще всего, о том, что в нарушение норм Ростехнадзора, ремонт проведен собственными силами предприятия и зачастую недостаточно качественно, что в свою очередь приводит к появлению других дефектов, вплоть до появления трещин.

Справедливости ради надо сказать, что на характер коррозионного повреждения влияет не только технологическая среда в оборудовании, работающем под избыточным давлением, но и тип этого оборудования. Так, например, если при обследовании емкостного оборудования, работающего в среде пропилена, питтинговая коррозия достаточно частое явление, даже в оборудовании не отработавшем нормативный срок эксплуатации (наблюдалась при проведении очередных технических освидетельствований сосудов, работающих при избыточном давлении), то при проведении внутреннего осмотра трубопроводов пропилена питтинговая коррозия не была нами отмечена (осмотр внутренней поверхности трубопроводов проводился с помощью эндоскопа через демонтированный разъем трубопроводов). Более того, внутренняя поверхность этих трубопроводов была просто в идеальном состоянии, чего не скажешь про емкостное оборудование, где наряду с питтинговой коррозией также наблюдались язвенная и сплошная коррозии.

Питтинговая коррозия встречается не во всех углеводородных средах. Так, нами было обследовано достаточно большое количество оборудования, работающего под избыточным давлением в среде АИПС (абсолютированного изопропилового спирта). Чаще всего внутренняя поверхность такого оборудования находилась в идеальном состоянии. Но, в одном из сосудов для хранения АИПС при проведении очередной экспертизы промышленной безопасности через 50 лет эксплуатации, нами была обнаружена питтинговая коррозионная язва в сварном шве корпуса сосуда. При проведении ультразвукового контроля этой зоны было зафиксировано, что этот дефект продолжается дальше и довольно далеко. При вскрытии этого сварного шва было обнаружено, что эта питтинговая коррозионная язва прошла вдоль всего сварного шва (ее длина оказалась несколько метров) и вышла на поверхность, в этом месте мы ее и зафиксировали при проведении внутреннего осмотра.

При оценке степени опасности коррозии следует иметь в виду, что при коррозионных повреждениях возможно охрупчивание стали и снижение несущей способности конструкции не только из-за уменьшения площади поперечного сечения элементов, но и в результате снижения прочности.

Охрупчивание сталей происходит по двум причинам: а) коррозионные повреждения играют роль концентраторов напряжений; б) взаимодействие агрессивной среды с материалом в вершине трещины обуславливает протекание сложных физико-химических процессов, которые увеличивают опасность таких дефектов.

Первая причина снижает ударную вязкость материала из-за возможности облегченного зарождения трещины в зонах с коррозионными поражениями. Острые коррозионные повреждения при понижении температуры затрудняют пластическую релаксацию напряжений.

Вторая причина охрупчивания вызывает снижение на 14...28 % характеристики трещиностойкости при статическом нагружении ( $K_s$  коэффициент интенсивности напряжений и  $\sigma$  - критическое раскрытие трещины).

Как известно, переход от механизма вязкого разрушения стали к квазихрупкому определяется, наряду с другими факторами, значением критической температуры  $T_{кр1}$

которая зависит от конструктивной формы и соответствует 50 % составляющей вязкого излома в сечении. Коррозионный износ понижает температуру  $T_{кр1}$ .

Снижение прочностных характеристик стали из-за коррозионного повреждения существенно тогда, когда глубина повреждений соизмерима с толщиной  $t$  элемента. Для тонкостенных элементов конструкций ( $t = 6...8$  мм) рекомендуется при проверочных расчетах снижать расчетное сопротивление сталей в слабоагрессивной и среднеагрессивной средах соответственно на 5 и 10 %.

Более интенсивное падение прочностных характеристик из-за коррозии имеет место при отрицательных температурах.

При определении возможности дальнейшей эксплуатации оборудования, работающего под избыточным давлением при наличии в основном металле или металле сварного шва питтинговых коррозионных язв необходимо провести расчеты на прочность с учетом  $K_c$  - коэффициента интенсивности напряжений.

Расчет проводится по ГОСТ Р 52857.1-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования», ГОСТ Р 52857.2-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек» или ГОСТ Р 52857.6-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность при малоцикловых нагрузках». Допускаемые напряжения рассчитываются в данном случае соответствии с РД 03-421-01 п. 6.5.2. Коэффициент  $K_c$  интенсивности напряжений или рассчитывается по специальным программам, например, программе «Кокон», или выбирается по справочным данным в зависимости от формы питтинговых коррозионных язв и конкретных условий эксплуатации.

Конечным этапом определения условий дальнейшей эксплуатации является расчет остаточного ресурса, который в свою очередь проводится тоже с учетом наличия дефектов. Мы при расчете остаточного ресурса используем в данном случае РД 26.260.004-91 «Методические указания. Прогнозирование остаточного ресурса по изменению параметров его технического состояния при эксплуатации».

#### **Список литературы**

1. ГОСТ 5272-68\* «Коррозия металлов. Термины»
2. ГОСТ Р 52857.1-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования».
3. ГОСТ Р 52857.2-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек».
4. ГОСТ Р 52857.6-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность при малоцикловых нагрузках».
5. СО 153-34.17.439-2003 «Инструкция по продлению срока службы сосудов, работающих под давлением»
6. РД 03-421-01 «Методические указания по проведению диагностирования технического состояния и определению остаточного срока службы сосудов и аппаратов».
5. РД 26.260.004-91 «Методические указания. Прогнозирование остаточного ресурса по изменению параметров его технического состояния при эксплуатации».

#### **References**

1. GOST 5272-68\* "Corrosion of metals. The terms"
2. GOST R 52857.1-2007 "Vessels and apparatus. Norms and methods of strength calculation. General requirements".

3. GOST R 52857.2-2007 "Vessels and apparatus. Norms and methods of strength calculation. Calculation of cylindrical and conical shells, convex and flat bottoms and lids".

4. GOST R 52857.6-2007 "Vessels and apparatus. Norms and methods of strength calculation. Strength calculation under low-cycle loads". 5. So 153-34.17.439-2003 "manual on service life extension of vessels working under pressure" 6. RD 03-421-01 "Methodical instructions on carrying out of diagnosing of technical condition and determining of residual life of vessels and equipment".

5. 26.260.004 RD-91 "guidelines. Forecasting of a residual resource by changing the parameters of its technical condition during the operation".