

УДК 620.197: 622.24.085

ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ В БАССЕЙНЕ ЧЕРНОГО МОРЯ

Рыбалов И.И., Ожиганов О.Ю.

Анализируются условия эксплуатации металлических конструкций нефтегазодобывающего оборудования шельфа Черного моря; рассматриваются антикоррозионные методы их защиты; предлагается эффективная система комбинированной защиты.

В последние годы интенсивно развивается нефте-газодобыча на шельфе Чёрного моря, для чего создаётся дорогостоящее уникальное оборудование и трубопроводы. Защита от коррозионных повреждений этого оборудования является сложной научно-технической проблемой.

Специфика условий эксплуатации в Черном море металлоконструкций заключается в следующем: в большей агрессивности морской среды, чем на континенте, что приводит к увеличению скорости коррозии в 2...3 раза; в высокой температуре воды и атмосферы, вызывающей повышение скорости коррозии в 1,5 раза [1]; в содержании на глубинах в придонном слое и глубоководном слое сероводорода, который в присутствии NaCl способствует возрастанию скорости коррозии в полтора раза [2]. Таким образом, морская техника подвержена интенсивной коррозии двух типов: в поверхностной зоне – с участием кислорода, в глубоководных придонных зонах – сероводородная. Последняя протекает с выделением водорода и может приводить к существенному охрупчиванию и растрескиванию металла.

Объекты нефтедобычи на шельфе, как правило, труднодоступны (плавучие, погружные, стационарные платформы с опорными колоннами), либо недокуемые (подводные трубопроводы, блок-кондукторы), выполненные из металла и железобетона [3,4]. Применение распространённого способа защиты металлов лакокрасочными покрытиями требует периодического возобновления, что неосуществимо. Окрашенный металл при длительной эксплуатации корродирует в местах нарушения сплошности покрытий, образуя глубокие локальные дефекты, приводящие к местному уменьшению рабочего сечения конструкций. Механические нагрузки (остаточные сварные напряжения, удары волн, ветровые нагрузки, циклические нагрузки от работы оборудования и т.д.) вызывают процесс возникновения и развития трещин и аварийное разрушение конструкций в местах локального уменьшения рабочих сечений и увеличения концентраций напряжений. Таким образом, процесс коррозии оказывается тесно связан с процессами коррозионного растрескивания и коррозионной усталости.

Такие конструкции, как опорные колонны буровых установок, подвергаются коррозии в различных условиях: в иле и в придонном слое

(сероводород), в толще воды (кислород или сероводород), в поверхностном слое при избытке кислорода, в зоне переменного смачивания и в атмосфере с воздухом повышенной влажности и солёности. Скорость коррозии в этих зонах может значительно различаться (от 0,37 до 4,5 г/(м² час)). Способы и средства защиты от коррозии в них различны и должны строго отвечать механизму коррозионного процесса, с учетом возможности коррозионного растрескивания и коррозионной усталости.

Механизм защиты конструкционных сталей в морской воде от общей коррозии и от коррозионной усталости не совпадает, а системы защиты от коррозии не всегда могут предотвратить появление усталостных трещин. Применение лакокрасочных изолирующих покрытий (при потере сплошности) не гарантирует защиту от локальных форм коррозии.

Использование электрохимической защиты путём катодной поляризации позволяет защищать конструкции от общей коррозии довольно эффективно, если правильно решена проблема распределения тока в зоне ила, в морской воде по всей глубине и в зоне переменного смачивания. Но по мере разрушения лакокрасочного покрытия плотность тока постепенно возрастает, равномерность защиты по всем зонам протяженных конструкций (например, опорных колонн) оказывается недостаточной.

Защитный потенциал конструкционной стали для предотвращения коррозии приводится в довольно широком диапазоне его значений от -0,6 до -0,95 В (НВЭ). Считается, что предотвращение коррозионных разрушений является условием для предотвращения коррозионно-усталостного процесса, а коррозионный процесс является инициатором изменения сечения металла, возрастания действующих напряжений и возникновения трещин [1]. Практические данные не всегда это подтверждали. Академик Г.В. Карпенко и его школа показали, что снижение усталостной прочности металла в среде происходит за счёт адсорбции ионов электролита и понижения за счёт этого поверхностной прочности. Установление этого механизма позволило разработать новый способ повышения усталостной прочности в электролите, в том числе в морской воде: необходимо

противодействовать адсорбции ионов морской воды на сталь, т.е. уменьшить до нуля поверхностный заряд металла относительно воды. Это явление имеет место в очень узком диапазоне потенциалов катодной поляризации, при котором практически восстанавливается

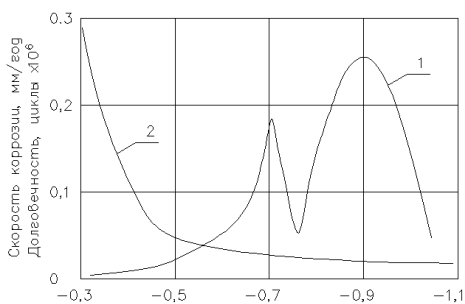


Рисунок 1 – Влияние потенциала нормального водородного элемента на скорость коррозии и усталостную долговечность: 1- долговечность стали

усталостная прочность в воде до значений на воздухе (при этом выделение водорода и охрупчивание металла не происходит). Потенциал защиты стали от коррозионной усталости находится в интервале рекомендуемых потенциалов для защиты от коррозии. Это позволяет решать задачу комплексной защиты от коррозии: резкое возрастание усталостной прочности происходит при оптимальном потенциале защиты от коррозии, что и подтвердили проведенные опыты (рисунок 1). Усталостные характеристики определялись на образцах из стали 25 с рабочим диаметром 10 мм при изгибе с вращением на машинах МУИ-6000 с частотой 50 с^{-1} в черноморской воде при температуре $18...20^\circ\text{C}$. Катодная поляризация осуществлялась в потенциостатическом режиме с точностью $\pm 0,005 \text{ В}$. Процесс наводороживания (упрочнения и разупрочнения) происходил при более отрицательном потенциале, что приводит к появлению второго пика, т.е. за пределами оптимального значения.

Определённая система размещения элементов защиты в пространстве, режим регулирования потенциала позволяют обеспечить практическую эффективность защиты морских сооружений.

Поскольку нанесение лакокрасочных покрытий является обязательным, то очень рационально покрытие поверхности грунтом с порошком электро-отрицательного металла, например цинка. В случае потери сплошности изолирующей краски и попадания морской воды в грунт будет происходить подщелачивание, образование нерастворимых карбонатов и «залечивание» дефекта. В сероводородной зоне будут образовываться труднорастворимые продукты на основе сернистого цинка [2]. При этом цинковый порошок должен иметь определённый состав, чтобы он не проявлял повышенную химическую активность, но и не покрывался пассивной плёнкой, понижающей его эффективность.

Таким образом, имеются необходимые данные для создания комбинированной защиты рассматриваемых сооружений. Однако для обеспечения их эффективной работы необходимо осуществить некоторые технические мероприятия ещё при постройке. Стали, используемые для конструкций упомянутых сооружений имеют низкий предел усталости. Даже если предел коррозионной усталости будет повышен за счёт защиты, он не превысит $200...300 \text{ МПа}$. Эксплуатационные напряжения могут быть большими. Особенную опасность представляют зоны сварного шва, предел усталости которых ниже, чем основного материала в $1,5...2,0$ раза.

Следовательно необходимо хотя бы в зонах расположения сварного шва произвести упрочнение поверхностного слоя с целью повышения в условиях пиковых нагрузок его прочности и предела усталости. Такое поверхностное упрочнение (поверхностная обработка) может производиться довольно простым способом, важно при этом обеспечивать определённый уровень дефектности микро- и субмикроструктуры стали и размеров блоков мозаики тонкой кристаллической структуры.

Таблица 1 демонстрирует влияние параметров кристаллической решетки на прочностные характеристики стали. Параметры определялись на рентгенодефрактометре ДРОН-1,5 по типовым методикам (по данным Панасюка В.В. и Комяка Н.И.).

Таблица 1. Взаимосвязь характеристик тонкой кристаллической структуры конструкционной стали с пределом прочности и пределом усталости

Предел прочности, МПа	Предел усталости в воде и на воздухе, МПа	Микро-напряжения, МПа	Размер блоков, 10^{-8} м	Плотность кристалл. стр., $10^{15} \times \text{м}^{-2}$
620	240	82	7,9	0,40
1130	240	148	6,3	0,76
1475	450	224	4,0	5,68
1620	620	240	2,1	6,80

Поверхностная обработка металла позволяет варьировать прочностные и усталостные характеристики изменением двух параметров: усилием абразивного воздействия и временем. Если оценить влияние поверхностного упрочнения стали во времени, то оно возрастает в 5...6 раз при прочих равных условиях эксперимента.

Из изложенного следует, что есть все необходимые научные, экспериментальные, расчётные данные для разработки универсальной комплексной системы защиты сооружений нефтегазового комплекса Украины, эксплуатирующегося в бассейне Черного моря. Экономическая эффективность такой защиты может достигать по крупным объектам до 10 млн.грн. [3].

Библиографический список

1. Зобачев Ю.Е. Защита судов от коррозии и обрастания / Ю.Е.Зобачев, Э.В.Саминская. — М.: Транспорт, 1984. — 175 с.
2. Саакиян Л.С. Защита нефтегазопромыслового оборудования от коррозии / Л.С.Саакиян, А.П.Ефремов. — М.: Недра, 1982. — 228 с.
3. Выхристюк П.Н. Защита морских судов и сооружений от коррозии и обрастания / П.Н.Выхристюк, Ю.Г.Ожиганов, А.А.Череватый. — Симферополь: Таврия, 1984. — 47 с.
4. Волков Ю.С., Сооружения из железобетона для континентального шельфа / Ю.С.Волков, И.И.Рыбалов. — М.: Госстройиздат, 1985. — 286 с.

Поступила в редакцию 02.12.2001 г.