

**Оценка влияния электрохимической коррозии при высокотемпературном воздействии
газокапельной смеси на соединение труба-фланец**

Студент 4 курса гр.2 Раик А.Г.

Научные руководители – Новосельская Л. В., Гарост А. И.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Большая доля поломок машин вызвана усталостью материалов. Изучение факторов, предотвращающих усталостное разрушение, приведет к увеличению срока службы машины и расширению диапазона используемых материалов с учетом изготовления.

Установлено [1], что при наличии коррозионных сред сопротивление усталостному разрушению резко падает. При циклическом нагружении в коррозионной среде поверхность металла покрывается сеткой трещин, которые являются результатом избирательной коррозии по местам различных включений, взаимодействующих со средой [2]. Также на предел выносливости влияют электрохимические процессы, фреттинг-коррозия и технологии изготовления [3].

В связи с этим в данной работе была поставлена задача установления и устранения причин ускоренной коррозии фланцевых соединений трубопроводов в цехе «Карбамид – 2» ГПО «Азот». Состав газокапельной смеси после колонны дистилляции: 68,81 % NH₃, 22,56 % CO₂, 7,06 % H₂O, 0,96 % O₂, 0,61 % N₂. Смесь подается с температурой 160 °С при давлении 20 кг/см³.

Труба изготавливается из высоколегированной коррозионностойкой аустенитной стали 10X17H14M2T. При химическом анализе установлено, что фактический состав данного сплава, % масс: С – 0,058, Si – 0,31, Mn – 1,00, Cr – 16,95, Mo – 2,27, Ni – 13,93, Ti – 0,766.

Фланец изготавливается из высоколегированной коррозионностойкой аустенитной стали ОЗХ17Н14МЗ. Химический анализ показал, что фактический состав данного сплава, % масс : С – 0,0063, Si – 0,19, Mn – 1,00, Cr – 18,25, Mo – 2,66, Ni – 14,30, Ti – 0,0069.

Сварка проводилась с использованием сварочной проволоки из сплава О1Х19Н18Г10АМ4. Химический анализ материала сварного шва показал его фактический состав после сварки, % масс: С – 0,022, Si – 0,39, Mn – 2,01, Cr – 19,44, Mo – 2,29, Ni – 14,63, Ti – 0,048.

С учетом того, что коррозия протекает в условиях короткозамкнутого контакта трех сплавов (материалы фланца, сварочного шва и трубы) и наряду с газовой фазой технологической среды в трубопровод попадают капли жидкости, т.е. газожидкостный поток, в рассматриваемой системе реализуется эрозионно-коррозионное разрушение поверхности металла, при неодинаковой плотности орошения.

Для прогнозирования особенностей поведения конкретных металлов в условиях контактной коррозии необходимо было тщательно исследовать образующуюся электрохимическую систему, в которой при пространственном разделении процессов отдачи и присоединения электронов окислительно-восстановительной реакции (токообразующей реакции) происходило взаимное превращение химической и электрической форм энергии.

Так как в электрохимической системе токообразующая реакция разделялась на частные полуреакции, то ЭДС системы определялась электродными потенциалами, отражающими изменения химической энергии в результате протекания электродных полуреакций (окисления и восстановления). При соединении двух электродов (разнородных металла) с разным потенциалом при помощи металлического проводника (например, методом сварки), электроны переходят от более отрицательного к более положительно заряженному. В цепи появляется электрический ток. Такую систему называют

гальваническим элементом. На электроде с более электроотрицательным потенциалом проходит процесс окисления (растворения металла), и такой электрод является анодом, на электроположительном (катоде) – восстановление.

В основу эксперимента ставилась задача исследовать электродные потенциалы каждого из этих металлов. Для этого из контактирующих в трубопроводе сплавов (материалы фланца, сварочного шва и трубы) были вырезаны образцы для исследований. Главной проблемой при создании экспериментальной установки было моделирование реальных условий, возникающих при циркуляции газожидкостной фракции в трубе, и заключалась в подборе среды. Решающее влияние на скорость коррозии трубопровода (конкретно фланца) оказывает наличие капель насыщенного раствора газовых компонентов в жидкости. В качестве моделирующей среды использовался насыщенный раствор карбамида в воде. Потенциалы исследуемых металлов определялись при комнатной температуре, а также при температуре 70 °С (реальные условия, которые удалось получить в водяной бане). В лабораторных условиях для измерения электродных потенциалов применялись портативные и несложные в эксплуатации хлорсеребряные электроды сравнения (вместо водородных электродов, потенциал которых принимается равным нулю) типа ЭВЛ 1М1.

Результаты исследований показали, что в данном варианте комбинация металлов (электродов) неудачно подобрана, т.к. для всех случаев (исследуемых температур) материал фланца является наиболее электроотрицательным (имеет меньшую величину положительного потенциала). Это будет приводить к тому, что при огромной величине катода (поверхности трубы) и малой поверхности фланца (анода) последний будет растворяться с большой скоростью. Это явление и наблюдается в реальных условиях на ГПО «Азот». Капли раствора, которые попадают на поверхность фланца, уносятся (захватываются) газожидкостным потоком, поэтому явления поляризации (анодной и катодной) наблюдаться не будут. В данном случае реальные значения потенциалов исследуемых металлов на протяжении всего процесса эксплуатации будут соответствовать этим значениям в момент погружения электродов (с соответствующей поправкой на температуру).

Также были проведены исследования потенциалов стали 12Х18Н10Т, которая наиболее широко применяется в химическом машиностроении, рассчитаны значение потенциала. Для данной стали в момент погружения (условия близкие к эксплуатируемому трубопроводу) при 18 °С составляет +33 mV, а при 70 °С – (+ 14). Из приведенных данных видно, что коррозионная стойкость стали 12Х18Н10Т в сочетании с используемыми на ГПО «Азот» сплавами была бы низкой.

В результате работы был выработан ряд рекомендаций, при руководствовании которыми можно избежать процесс ускоренной коррозии фланцев трубопроводов:

1. Более электроотрицательный материал должен иметь значительно большую величину поверхности, при этом глубинный показатель коррозии был бы не-большим и прочность конструкции мало изменилась бы.

2. Желательно контактирующие поверхности (фланец – труба) выполнять из одного и того же сплава, а электрохимический потенциал шва должен быть более электроположительным.

3. В данной системе (труба – фланец) материалом трубы могла бы быть сталь 03Х17Н14М3, а для изготовления фланца можно рекомендовать сталь 10Х17Н14М2Т.

4. При конструировании подобных узлов необходимо предварительно измерять величины электрохимических потенциалов применяемых сплавов и материал с меньшей величиной поверхности обязательно должен быть более электроположительным по отношению к другому сплаву.

Список используемых источников:

1. Зверьков Б.В. Расчет и конструирование трубопроводов: справочное пособие – Л. «Машиностроение», 1979 – 246 с.

2. Ажогин В.Ф. Коррозионное растрескивание и защита высокопрочных сталей – М.: "Металлургия", 1974 – 256 с.

3. Трошенко В.Т. Соппротивление усталости металлов и сплавов – К. «Навукова думка», 1987 – 1326с.