электронный научно-технический журнал
ИНЖЕНЕРНЫЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51036. ISSN 2307-0595

К вопросу исследований коррозионной стойкости сварных конструкций, полученных сваркой по лакокрасочным и металлическим покрытиям

 # 03, март 2017

Шатов А. П.

УДК: 812.35.03

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана
shatov_a.p@mail.ru

Введение

Вопросами исследования сварных конструкций с антикоррозионными покрытиями занимались в жилищно-коммунальном комплексе. В системах горячего и холодного водоснабжения находят применение оцинкованные трубопроводы, обеспечивающие большую коррозионную стойкость, чем аналогичные неоцинкованные. Возможности обеспечения, действующего металлофонда России средствами, антикоррозионной защиты, в том числе цинком и лакокрасочными грунтовочными покрытиями, были необходимых. Это привело к огромным потерям от коррозии, которые составили 12% от валового национального дохода или 22-23% от всего производимого в стране проката, в том числе и труб [1].

В работе также исследовались лакокрасочные, грунтовочные покрытия, которые обеспечивают барьерную преграду от окисления основного металла при транспортировке конструкций. Вопросы сварки таких конструкций недостаточно исследованы [4].

Основная часть

Для исследования микроструктуры Т–образных соединений оцинкованных и неоцинкованных труб, с вваривaемыми патрубками (рис.1,а), использовалась основная труба диаметром 26,8 мм, трубы и патрубки диметром 21,3 мм (толщиной 3мм); производилась сварка в углекислом газе плавящимся электродом с применением проволоки Св -08Г2С диаметром 1,2мм, $I_{св}$=160-170 А, $U_д$= 22…23 В, расход углекислого газа- 900л/ч с использованием полуавтомата А- 547 У и ручной сварки электродами МР-3 диаметром 3 мм ($I_{св}$ =100…110 А, $U_д$=26-28В)

Для определения коррозионной стойкости трубы с приваренными патрубками были установлены в сеть горячего водоснабжения. Температура воды гидрокарбонатного класса в среднем составляла 30…40 ^{0}С. Продолжительность коррозионных испытаний составила 48 месяцев.

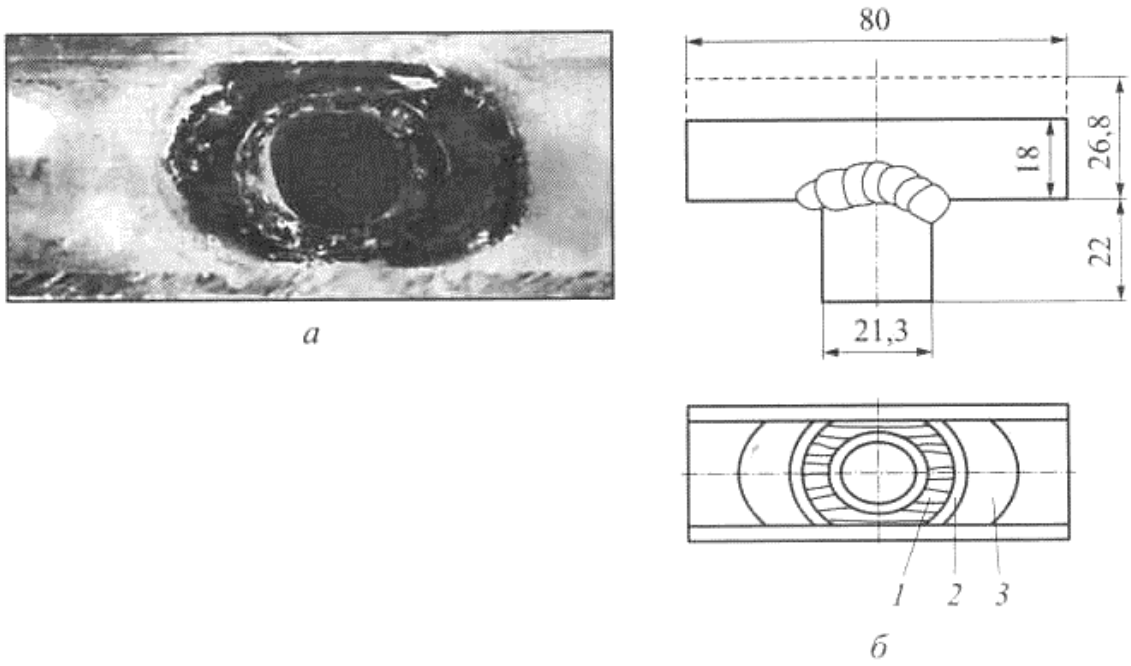


Рис.1. Вид зоны термического влияния при сварке Т – образных сварных соединений оцинкованных труб (внутренняя поверхность): а) вид сверху; б) схема разрезания образца (1 - зона полного выгорания цинкового покрытия; 2 – зона плавления и частичного окисления цинкового покрытия; 3 – зона сплавления и рекристаллизации).

В результате исследований установлено три зоны термического влияния (рис. 1,б):

- зона 1, расположена непосредственно под швом, цинк полностью выгорает, поверхность покрыта темно-серой окалиной, максимальная ширина этой зоны не превышает 10 мм.;

- зона 2, шириной 2…4 мм, представляет собой зону частичного выгорания и окисления расплавленного цинка, в некоторых местах, которой образуются выпуклые валики, состоящие из цинка и его оксидов;

- зона 3, шириной 9-12 мм, отличается плотным строением цинкового покрытия, которая, однако, частично изменила структуру за счет оплавления, рекристаллизации и диффузионных процессов.

Микроисследования сварных соединений оцинкованных стальных труб позволили сопоставить структурные изменения, происходящие в зоне термического влияния и в цинковом слое, а также приближенно оценить максимальные температуры нагрева отдельных зон цинкового покрытия. В зоне 1 температура выше 1000^0С (температура испарения цинка-906^0С). В зоне 2 температура нагрева при сварке достигает 800…1000^0С, а в зоне 3 температура ниже 800^0С (рис.1а). Наружные контуры зоны термического влияния полностью совпадают с внутренними контурами ввиду малой толщины стенок.

Исследования микроструктуры Т – образного сварного соединения, показали, что технология сварки в углекислом газе и ручной дугой сварки электродами МР-3 обеспечивает получение нормальной ферритно-перлитной структуры металла шва в переходной зоне (рис.2 а,б).

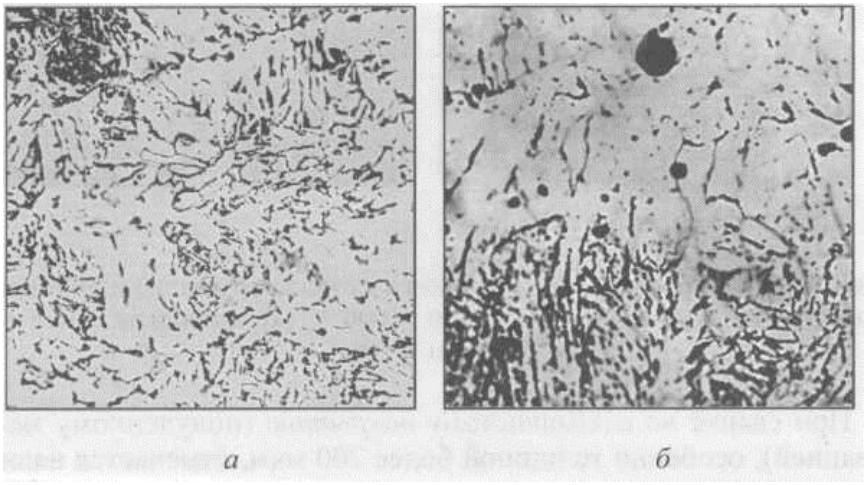


Рис.2. Микроструктура переходной зоны между швом и трубой Т- образного сварного соединения оцинкованных труб для диаметра 20,8 (а) и 21,3 мм (б) х200

Изменение структуры цинкового покрытия в зоне термического влияния характеризуется постепенном ростом кристаллитов, образовавшихся при горячем цинковании свариваемых труб, а также в результате протекания диффузионных процессов между основным металлом (низкоуглеродистой сталью) и слоем цинка. Структура цинкового покрытия, нанесенного при горячем цинковании труб в ванне с расплавленным цинком, имеет сложный характер и состоит из нескольких фаз с разным содержанием железа: Fe_5Zn_{21} и Fe_3Zn_{10}, δ-фазы с 7,0…11,5 столбчатого строения, ά-фазы (0,003 % Fe), ξ – фазы с содержанием Fe до 6,0…6,2%. При нагреве до температуры плавления цинка 419^0C образуются равноосные кристаллиты крупного размера (рис.3). Еще более крупные кристаллиты, смешанные, по-видимому, с оксидами цинка, образуются на границе с зоной, где цинк полностью испаряется.

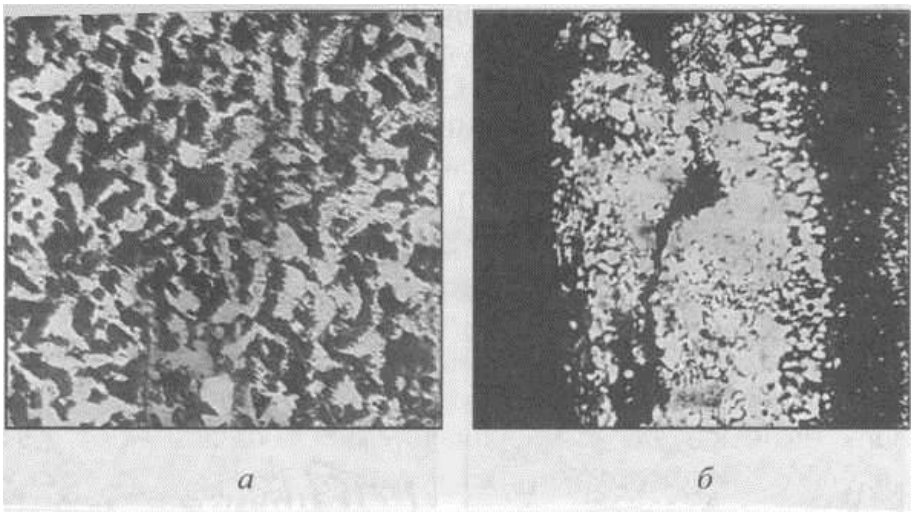


Рис. 3. Микроструктура основного металла трубы (а) и цинкового покрытия (б) в зоне температур 800…1000 ^{0}C (кристаллиты цинка и оксиды) х200

Среднюю скорость коррозии на оцинкованных и неоцинкованных стальных сварных патрубках определяли с использованием гравиметрического метода (табл.1)

Таблица 1. Зависимость средней скорости коррозии от способа сварки и наличия защитных покрытий стальных труб

Способ сварки	Наличие защитного покрытия на стальных трубах	Средняя скорость коррозии, г/м^2 ч
Ручная дуговая сварка электродами МР-3	Без покрытия Горячее цинкование	0,1160 0,00458
Механизированная сварка в углекислом газе электродной проволокой СВ-08Г2С	Без покрытия Горячее цинкование	0,0825 0,00388

Проведенные исследования коррозионной стойкости при сварке оцинкованных и неоцинкованных стальных патрубков (табл.1) показали, что при сварке электродами МР-3 средняя скорость коррозии неоцинкованных патрубков в 20… 25 раз выше, чем оцинкованных. При механизированной сварке в углекислом газе электродной проволокой этот показатель в 20… 21 раз выше, чем при сварке неоцинкованных стальных патрубков. Это объясняется протекторными свойствами цинкового покрытия, сохранившегося в ЗТВ на оцинкованных сварных патрубках по сравнению с аналогичными неоцинкованными стальными патрубками.

Металлографические исследования швов полученных при сварке пластин из стали Ст3сп размером 300х150х10 мм с V –образной разделкой кромок с лакокрасочным покрытием на свариваемых кромках и без него, показали, что они отличаются по микроструктуре от швов, полученных при сварке аналогичной стали без покрытия. Так, в швах при сварке стали без покрытия наблюдается мелкодисперсная ферритно-перлитная структура, в то время как в швах, полученных при сварке стали по лакокрасочному покрытию ГФ-021 + УРФ – 1126 толщиной до 165 мкм, наблюдается широкие ферритно-перлитные прослойки, как в структуре металла шва и переходной зоне (рис.3,а,б)

Необходимо отметить, что объем и номенклатуры выпуска консервационных грунтовочных покрытий на различных стальных конструкциях к настоящему времени значительно расширился, возникла необходимость в каждом случае проводит исследование, появляющихся на рынке выпускаемых новых зарубежные материалов, использованных при сварке стальных конструкций. К их числу относятся алкидно-стирольные “Fisht – LTD” ТУ 2312 – Я РВ –О278У, грунтовка “Металкид”, водно – дисперсионная грунтовка ВД – АК-0312, алкидная грунт–краска “Пигмокроп”, грунтовка быстросохнущая маслобензостойкая серая, цинконаполненная краска “Цинк АС –М”, зарубежные алкидные грунтовки “Hempels 13 Pol” (Дания), “Pilot QD Prima” (Швеция) и “Текнолак Праймер 0168 00” (Финляндия), грунтовка, выполненная на основе алюминия “BLOXIDE” (США) и т.д.

Проблема влияния коррозионной среды (морской воды и влажной атмосферы побережья) на сварные конструкции с защитными покрытиями исследована достаточно подробно [3]. Известно, например, что лакокрасочные покрытия должны полностью закрывать (герметизировать) поверхность стальных конструкций, так как механизм защитного

действия большинства лакокрасочных покрытий состоит главным образом в отделении поверхности металла от коррозионной среды. Однако имеются покрытия, содержащие в своем составе пассивирующие вещества (оксиды свинца, хроматы цинка или цинковую пыль, а также алюминиевую пудру).

Лакокрасочные покрытия резко уменьшают скорость коррозии вследствие изолирующего (барьерного) эффекта, затрудняя доступ кислорода к поверхности металла, и на один-два порядка снижают скорость коррозии. Повышая сопротивление протеканию тока коррозии через электролит, лакокрасочные покрытия снижают контактную, а значит, и местную коррозию.

Некоторые лакокрасочные покрытия могут изменять скорость коррозии сварных соединений вследствие электрохимической поляризации защищаемого металла. Лакокрасочные покрытия, содержащие вещества катодные по отношению к защищаемой металлической подложке (например, пигменты меди и ртути), поляризуют материал (сталь) анодно и резко повышают скорость протекания коррозионных процессов при повреждении покрытия. Лакокрасочные покрытия, в состав которых входят анодные по отношению к металлу вещества, по крайней мере, обеспечивают частичную катодную защиту при нарушении целостности покрытия.

При сварке стали по лакокрасочным покрытиям сварной шов вместе с зоной термического влияния подвергают дробеструйной обработке, затем на эти поверхности наносят краскораспылителем или кистью лакокрасочные материалы. Известно, что лакокрасочное покрытие разрушается прежде всего в зоне сварного шва, где наблюдается большая турбулентность потока. Ускоренному разрушению лакокрасочного покрытия на сварных швах способствует неравномерность толщины покрытия по шву, а также механическое воздействие потока воды. Так, скорость коррозии сварного соединения с поврежденным лакокрасочным покрытием в неподвижном электролите составляет 0,1…0,5 мм/год, а в движущемся электролите она повышается до 1…2 мм/год., в то время как скорость коррозии основного метала под слоем лакокрасочного покрытия не превышает 0,01…0,02 мм/год. В тех же условиях, но при использовании пигментных веществ, содержащихся в этих покрытиях, катодных по отношению к металлу подложки, скорость коррозии сварных швов резко возрастает - в движущемся электролите она составляет 2…3 мм/год. Поэтому в практике судоремонта для ускорения срока докования судна первый слой лакокрасочных материалов наносят на листы до испытания отсеков на непроницаемость (герметичность), оставляя для осмотра неокрашенными только сварные швы. В результате число слоев краски в сварных швах оказывается наименьшей, соответственно повышается и вероятность быстрейшего оголения сварных швов.

Известно [2], что для повышения коррозионной стойкости стальных конструкций в открытой атмосфере предлагается проводить исследования путем комплексного учета конструктивных факторов (коррозионной стойкости стали и формы сечения элементов проката) и выполнения защитных мероприятий. С целью изучения влияния коррозионной среды на сварные соединения проводили точечную сварку нахлесточных соединений, из-

готовленных из стали СТ3сп. Сварные образцы после точечной сварки защищали лакокрасочным материалом ВЛ-08, обладающим одновременно пассивирующим и фосфатирующим свойствами. Сварные точки перед нанесением лакокрасочного материала предварительно обрабатывали шлифованием.

Испытания проводили в приморской атмосфере продолжительностью 36 месяцев, которые показали, что долговечность лакокрасочных покрытий на сварных образцах (без дополнительной операции по их зачистке и последующей защите с применением грунтовки ВЛ-08) в 2,2 раза меньше, чем на образцах без точечной сварки. Основной причиной преждевременного разрушения лакокрасочных покрытий в зоне сварной точки была неравномерность формирования по толщине пленки, а также связанная с этим концентрация агрессивных реагентов в этой зоне. Эффективным мероприятием повышающим коррозионную стойкость, является нанесение грунтовки ВЛ-08 после сварки на предварительно зачищенную поверхность сварной точки. При этом сроки эксплуатации защитного покрытия на поверхностях сварной точки и основного металла выравниваются.

Таким образом, натурные испытания показали, что коррозионные повреждения имеют местный характер и неравномерны по толщине. Наибольшая скорость распространения коррозии в местах нерациональных решений, в том числе области сварной точки, достигают 0,25 мм/год. Степень агрессивности атмосферы в основном оценивали по концентрации сероводорода и хлоридов, содержащихся в морских аэрозолях

Заключение

Проведены коррозионные исследования сварных Т – образных соединений стальных патрубков из оцинкованных и неоцинкованных патрубков, полученных при ручной сварке электродами МР-3 диаметром 3 мм и механизированной сварке в углекислом газе электродной проволокой СВ-08Г2С, в системе горячего водоснабжения (до $+40^0$С). Продолжительность коррозионных исследований составляло 48 месяцев.

Установлено, что коррозионная стойкость оцинкованных сварных патрубков, полученных методом горячего цинкования, в 20-25 раз выше, чем на аналогичных стальных неоцинкованных патрубках, полученных как при сварке электродами МР-3, так и при механизированной сварке в углекислом газе электродной проволокой диаметром 1,0 мм.

Испытания нахлесточных сварных соединений, сваренных точечной сваркой в условия воздействия приморской атмосферной среды, продолжительностью 36 месяцев показали, что долговечность лакокрасочных покрытий на сварных образцах (без дополнительной операции по их зачистке и последующей защитой с применением грунтовки ВЛ-08) в 2,2 раза меньше, чем на образцах без точечной сварки. Основной причиной преждевременного разрушения лакокрасочного покрытия в зоне сварной точки была неравномерность формирования по толщине пленки, а также связанная с этим концентрация агрессивных реагентов в этой зоне. Эффективным мероприятием, повышающим коррозионную стойкость, является нанесение грунтовки ВЛ-08 после сварки на предварительно зачищенную поверхность сварной точки. При этом сроки эксплуатации защитного покрытия

на поверхностях сварной точки и основного металла выравниваются. Таким образом, натурные испытания показали, что коррозионные повреждения имеют местный характер и неравномерны по толщине. Наибольшая скорость распространения коррозии в местах нерациональных решений, в том числе области сварной точки, достигают 0,25 мм/год. Степень агрессивности атмосферы в основном оценивали по концентрации сероводорода и хлоридов, содержащихся в морских аэрозолях.

Список литературы

[1]. Стеклов О.И. Старение и коррозия нефтегазовых сооружений. Пути решения проблемы. Серия «Академические чтения». Вып. 20. М.: ГУП Изд-во «Нефть и газ». РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. 2000. 27 с.

[2]. Шатов А.П., Стеклов О.И., Ступников В.П. Сварка и ремонт металлических конструкций с противокоррозионными покрытиями. М: Изд. МГТУ им Н.Э. Баумана. 2009. 175 с.

[3]. Шатов А.П. Металлургические и технологические основы сварки оболочковых конструкций с противокоррозионными покрытиями: дис. …. докт. технич. наук. М., 1997. 344 с.

[4]. Шатов А.П., Стеклов О.И. Сварка и ремонт металлических конструкций с защитными покрытиями. // Научно-техническая конференция: «Диагностика газонефтепроводов и резервуарных конструкций при их сооружении и эксплуатации в условия старения и коррозии» (30-31 сентября 2008 г.). М: «Территория Нефтегаз». 2008. С. 55-59.