

Образование горячих трещин при сварке стальных труб с внутренним антикоррозионным покрытием

03, март 2016

Шатов А. П.

УДК: 812.35.03

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

shatovap@mail.ru

Введение

Результаты работы по актуальности и технологии сварки остеклованных труб приведены в нашей предыдущей работе [1], где рассматриваются вопросы возможности применения сварки остеклованных труб при монтаже технологических трубопроводов нефтекомпрессорных станций нефтегазодобывающих управлений, исследованы показатели механических свойств, полученные при сварке электродами, как отечественными, так и зарубежными. Установлены оптимальные показатели смещения торцов труб при калибровке под сварку встык, которые составляют при сварке в неповоротном положении труб не более 1,5 мм, а в неповоротном не более 0,7 мм для обеспечения оптимального формирования стеклянного покрытия в зоне сварного соединения при последующей обработке после сварки. Отмечается неблагоприятное воздействие бора в остеклованном покрытии при сварке, приводящего к снижению показателей механических свойств швов (по $\sigma_{вр}$, σ_t , по величине ударной вязкости).

В данной работе приводятся результаты исследований сопротивляемости металла шва сварного соединения образованию горячих трещин при сварке стали по боросиликатному покрытию в углекислом газе плавящимся электродом на плоских образцах, вырезанных из труб $\varnothing 114 \times 7$ мм, изготовленных из Ст20 с внутренним остеклованным покрытием [1,2]. Составные, состоящие из двух частей, образцы сваривали встык (рис.1) в условиях принудительного растяжения кристаллизующегося металла сварочной ванны при различных скоростях с использованием установки ЛТП-1-6 (рис. 2. а,б). Растяжение образцов началось с момента прохождения оси электрода через стык образцов с технологической планкой и заканчивалось после ее перемещения вдоль свариваемых кромок испытуемых образцов на расстоянии 20 мм. Время деформирования (растяжения) свариваемых образцов выбирали по ГОСТ 26369-84 и оно составило 10 с. Серию образцов испытывали при постоянных параметрах режима сварки (увеличивая дискретно скорость относительного перемещения захватов машины) и находили для каждого варианта критическую скорость "перемещения кромок", т.е. наименьшее ее значение, вызывающее появление горячих трещин.

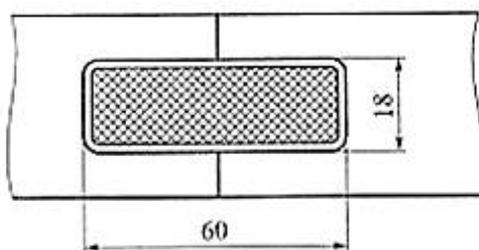
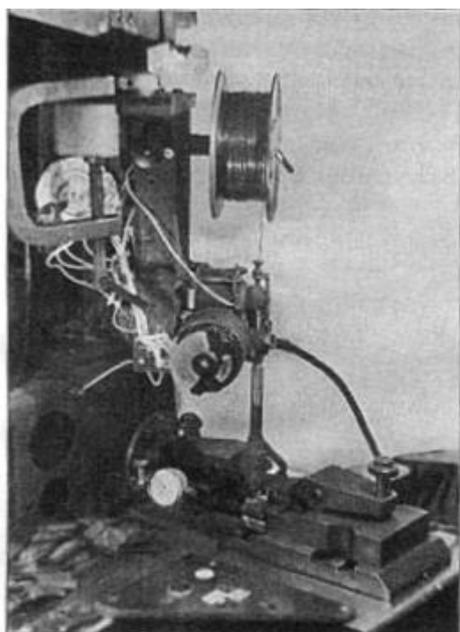
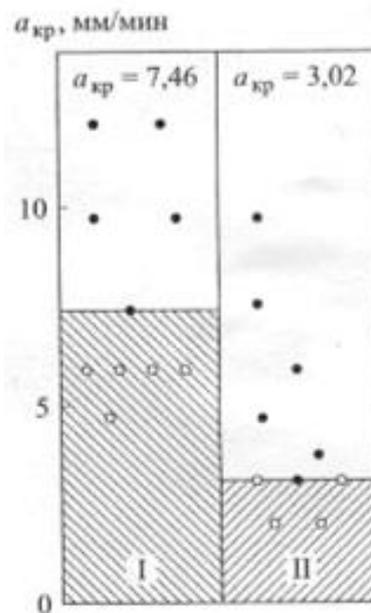


Рис. 1. Форма и размеры образца для испытания на сопротивляемость образованию горячих трещин при сварке стали по боросиликатному покрытию.



а)



б)

Рис. 2. Испытания на сопротивляемость горячим трещинам при механизированной сварке в углекислом газе с использованием установки ЛТП-1-6: а – вид установки, б – критическая скорость при машинном деформировании сварных образцов без покрытия (I) и с боросиликатным покрытием (II), вызывающая образование горячих трещин, показанных зачерненными кружками (в заштрихованной области горячих трещин нет, что показано светлыми кружками).

Перемещение подвижного захвата контролировали по показаниям индикатора часового типа, реле времени и секундомера. Составные образцы размером 50x40 мм, вырезанные из остеклованных труб и плоских образцов, соединяли с помощью прихваток. Для сравнительной оценки технологической прочности были сварены образцы из той же стали, но без покрытия. Образцы размером 40x50x7 мм с V-образной разделкой кромок закрепляли в захватах. Для этого в захватах плоских образцов были выфрезерованы пазы, в которые входили буртики машины.

Механизированную сварку в углекислом газе производили электродной проволокой Св-8Г2С диаметром 1,2 мм. Режим сварки: $I_{св} = 150-170$ А, $U_{д} = 24-25$ В, $I_{в} = 15$ мм., расход углекислого газа 900 л/ч, ток постоянный обратной полярности.

Результаты определения критической скорости деформации при машинном деформировании приведены на рис 2 б. Разрушение образцов в большинстве случаев происходили по центру шва вдоль его оси.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что критическая скорость деформации сварных образцов с боросиликатным покрытием практически в 2 раза ниже скорости деформации для сварных образцов без боросиликатного покрытия. Таким образом, боросиликатное покрытие, наносимое на внутреннюю поверхность трубопровода при механизированной сварке в углекислом газе плавящимся электродом, примерно в 2 раза превышает склонность металла швов к образованию горячих трещин по сравнению с аналогичным свойством металла швов, полученных при сварке такой же стали без покрытия. Это, по-видимому, связано с влиянием микролегирования швов бором (0,002...0,003 %) переходящим при сварке в шов из боросиликатного покрытия (табл.1). Для борьбы с горячими трещинами при сварке таких труб применять безбористые составы для остеклования труб или менять тип сварного соединения на раструбное (рис.3 а,б) [2] или стыковое (рис.4) [3].

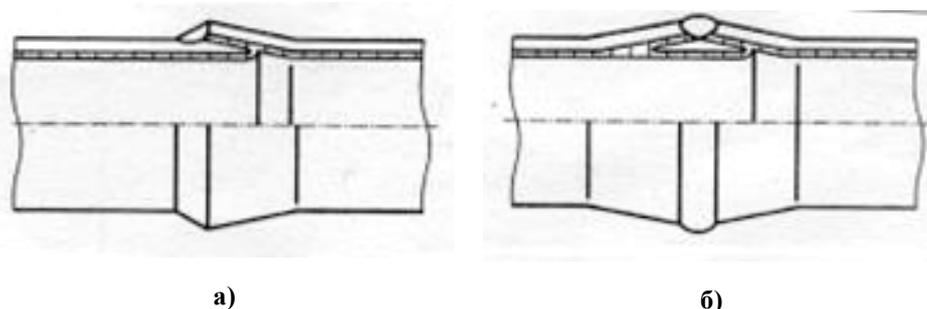


Рис. 3. Варианты соединения сваркой труб с внутренним стекляннным боросиликатным покрытием:
а) – раструб – проточка ($\sigma_{вр}=4,9$ МПа); **б)** – раструб – раструб ($\sigma_{вр}=5,4$ МПа).

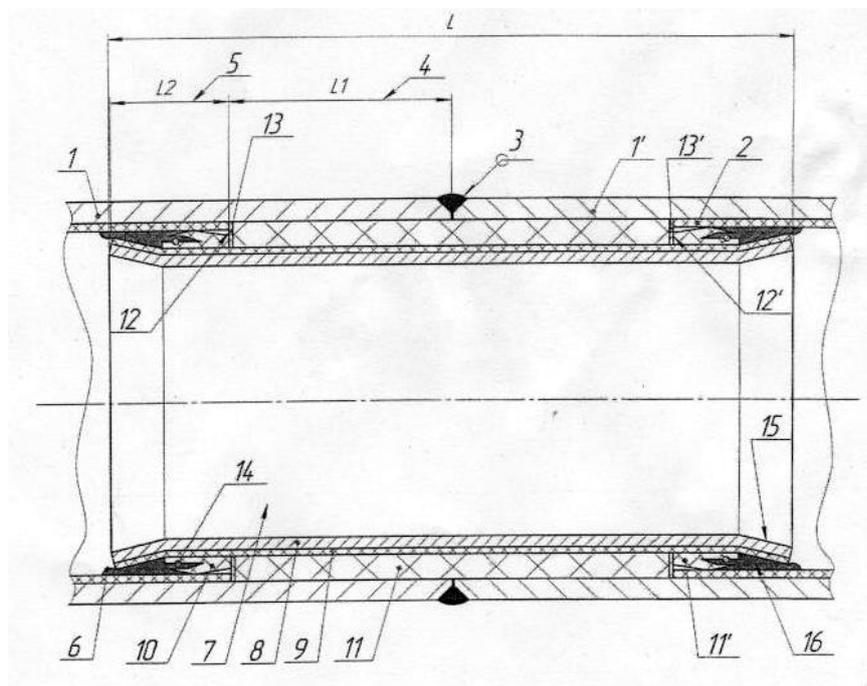


Рис. 4. Специальное сварное неразъемное соединение встык труб с внутренним покрытием для транспортировки химически активных жидкостей:

1,1' – трубы, 2 – антикоррозионное покрытие, 3 – сварочный шов, 4 – зона разрушения внутреннего покрытия, 5 – зона термического воздействия, 6 – клей-расплав, 7 – внутренняя втулка, 8 – патрубок, изготавливаемый из износостойкого материала, 9 – антикоррозионное покрытие, 10 – уплотнения, 11 – жаропрочная композиция, 12 – фиксаторы, 13,13' – шайбы, 14 – пружинные кольца, 15 – раструбы, 16 – кольцевая полость.

Таблица 1. Зависимость химического состава стекол от их марок

Компоненты, входящие в состав марок стекол	СЗ-1, в %	СЗ-2, в %	СЗ-3, в %	СЗ-4, в %
SiO ₂	52,5	53,0	52,7	53,9
Al ₂ O ₃	3,8	3,5	10,2	8,4
B ₂ O ₃	10,5	9,5	-	-
Na ₂ O	14,0	11,0	13,6	13,4
Li ₂ O	4,0	-	-	-
K ₂ O	-	9,8	7,7	7,7
CaF ₂	-	8,0	8,5	8,7
CaO	6,0	-	0,4	0,5
CoO	0,5	0,5	-	-
NiO	-	0,5	0,5	0,5
MgO	2,5	-	-	-
PЗЭ	0,2	-	0,6	0,4
Fe ₂ O ₃	-	0,2	0,2	0,5
SzO	-	-	3,8	4,0
TiO ₂	-	-	1,6	1,6
Cr ₂ O ₃	-	-	0,2	0,4

Таким образом, при сварке труб с внутренним боросиликатным покрытием следует заменять его стеклосиликатными (без наличия бора) (табл.1) или применять специальное сварное соединение, включающее соединение сваркой встык трубы с боросиликатным покрытием. Соединение труб включает соединение сваркой встык труб с боросиликатным покрытием, которое удалено от торцов труб, и размещенную в них под стыком втулку, имеющую снаружи посередине длины между фиксаторами жаропрочную композицию. По краям втулки снаружи выполнены кольцевые полости, заполненные герметиком. Фиксаторы выполнены с возможностью взаимодействия с торцами боросиликатного покрытия труб. Втулка покрыта снаружи антикоррозионным покрытием, аналогичное внутреннему боросиликатному покрытию труб, которое удалено от торцов труб на расстояние термического разрушения боросиликатного покрытия, при этом кольцевые полости по концам втулки образованы раструбами и зафиксированными на удалении от них снаружи втулки эластичными уплотнениями, герметизирующими пространство между покрытиями, причем фиксаторы выполнены в виде шайб, установленных между соответствующими уплотнениями и жаропрочной композицией, или торцов жаропрочной композиции, которая размещена между уплотнениями, а герметик – виде клея-расплава, выполненного с возможностью герметичного соединения с антикоррозионными покрытиями труб и втулки температурного плавления (рис.3) [3].

Данное соединение относится к сварному неразъемному соединению труб с антикоррозионным внутренним покрытием для транспортировки химически активных жидкостей, в частности, для транспортировки сточных вод, содержащих сероводород в нефтегазодобывающих управлениях ОАО “Татнефть”.

Заключение

1. Проведены исследования склонности сварных швов трубопроводов с внутренним боросиликатным покрытием к образованию горячих трещин. Исследования проводили при механизированной сварке в углекислом газе плавящимся электродом на установке ЛТП-1-6, критическая скорость деформации сварных образцов.

2. Установлено, что при сварке на образцах, вырезанных из стальных труб с внутренним боросиликатным покрытием, критическая скорость деформации для сварных образцов с боросиликатным покрытием практически в 2 раза ниже скорости деформации для сварных образцов без боросиликатного покрытия, что вызвано бором, переходящим при сварке в металл сварного шва в количествах 0,002 – 0,003 % из покрытия, что особенно заметно при сварке корневого шва с V-образной разделкой кромок.

3. Для предупреждения микролегирования при сварке таких трубопроводов рекомендуется применять безбористые составы силикатных покрытий или применять при сварке раструбные соединения или соединения встык таких труб.

4. Последнее изобретение нашло применение в подразделениях ОАО «Гатнефть».

Список литературы

- [1]. Шатов А.П. Технология дуговой сварки стальных труб с внутренним остеклованным покрытием. // Инженерный вестник. Электронный научно-технический журнал. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2013. № 04. Режим доступа: <http://engbul.bmstu.ru/doc/585346.html> (дата обращения: 15.02.2016)
- [2]. Шатов А.П., Стеклов О.И., Ступников В.П. Сварка и ремонт металлических конструкций с противокоррозионными покрытиями. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2009. 174 с.
- [3]. Куневский В.В, Страхов Д.В., Смирнов В.П., Шульженко К.А. Сварные соединения труб с внутренним антикоррозионным покрытием: патент 0002503873. Российская Федерация. 2014. Бюл. № 9. 36 с.