

УДК 621.791.753.5

М.А. Худяков, к.т.н., доцент, кафедра технологии нефтяного аппаратостроения, ФГОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; Л.Ф. Фаррахова, магистрант, кафедра технологии нефтяного аппаратостроения, ФГОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»

## КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ СВАРНЫХ ШВОВ, ВЫПОЛНЕННЫХ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКОЙ ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА

Изучено влияние режима автоматической сварки под флюсом на физико-механические свойства и электрохимическую гетерогенность стали 17Г1С, которая широко применяется для изготовления труб магистральных нефтепроводов. Наплавка на поверхность пластин выполнялась омедненной сварочной проволокой марки Св08ГА диаметром 2 мм под флюсом АН348 на постоянном токе обратной полярности.

Результаты исследований показали, что с увеличением скорости сварки и величины сварочного тока стационарный электродный потенциал смещается в сторону более отрицательных значений. Наблюдается повышение твердости сварных швов при увеличении сварочного тока и скорости сварки.

**Ключевые слова:** коррозия, автоматическая сварка под слоем флюса, сварные соединения, сварочный ток, скорость сварки, стационарный электродный потенциал, сталь.

Трубопроводы, резервуары, промышленные объекты и оборудование перекачивающих станций в процессе эксплуатации подвергаются процессу коррозии [1]. Коррозия металлических сооружений приводит к преждевременному износу агрегатов, установок, линейной части магистральных трубопроводов, сокращению межремонтных сроков оборудования. Кроме того, коррозия металла может оказаться причиной аварии на магистральном трубопроводе вследствие сквозной перфорации (свищей) стенок трубопроводов. Все они представляют собой сварные конструкции.

Сварные соединения имеют сложную физико-химическую, механическую и электрохимическую макро- и микрогетерогенную систему со следующими характерными видами неоднородности: структурно-химической макро- и микрон неоднородностью зон (основной металл, литой металл

шва, зона термического влияния); неоднородностью напряженно-го состояния – собственного (остаточные сварочных напряжений и пластические деформации) и от внешней нагрузки; геометрической неоднородностью, обусловленной наличием технологических концентраторов напряжений (граница шва и основного металла, дефекты формы шва – подрезы, непровары и др.) и конструктивных концентраторов напряжений, определяемых видами сварного соединения [2]. В связи с этим сварные соединения более подвержены коррозионным разрушениям по сравнению с основным металлом.



Рис. 1. Коррозионное разрушение кольцевого стыка трубопровода

Склонность сварного соединения в целом или какой-либо его зоны к воздействию коррозионных сред и скорости коррозии зависит от общих и локальных электродных потенциалов и поляризуемости. Чем отрицательнее значение электродных потенциалов, тем больше скорость коррозии.

Особенно опасным является случай, когда шов или зона термического влияния являются анодом, а основной металл – катодом ( $\varphi_{\text{ш}} < \varphi_{\text{о.м}}$ ). Из-за их малой площади по сравнению с основным металлом плотность коррозионного тока будет высокой, а следовательно, будет высокой и скорость коррозии. На рисунке 1 приведен вид коррозии сварного шва с его локальным растворением.

Наиболее благоприятным распределением электродных потенциалов является случай равенства  $\varphi_{\text{ш}} = \varphi_{\text{о.м}}$ , когда будет идти процесс равномерной коррозии. В реальных

Таблица 1. Значения стационарных электродных потенциалов в зависимости от скорости сварки и величины сварочного тока, -φ, мВ

Скорость сварки, м/час	Величина сварки тока, А	
	250 А	350 А
15	431-435*	455-461
	433	458
	(5)	(5)
30	436-438	469-472
	467	470
	(5)	(5)
45	440-442	473-475
	441	474
	(5)	(5)
60	443-446	476-480
	445	478
	(5)	(5)

\* В числителе указываются минимальная и максимальная величина стационарного электродного потенциала, а в знаменателе – его среднее значение, в скобках – количество проведенных измерений

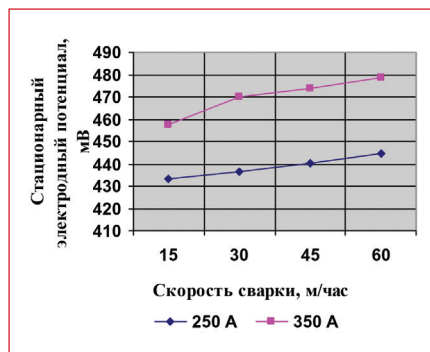


Рис. 2. Зависимости стационарных электродных потенциалов от скорости сварки и величины сварочного тока

условиях добиться подобного равенства довольно сложно, поэтому предпочтительным является смещение электродного потенциала сварного шва в сторону более положительных потенциалов, когда анодное растворение переносится на основной металл с одновременным снижением его скорости коррозии ( $\phi_{ш} > \phi_{о,м}$ ). Использование различных технологических мероприятий, направ-

ленных на сглаживание электрохимической гетерогенности сварного соединения, может явиться эффективным средством повышения их коррозионной и коррозионно-механической стойкости.

В связи с этим изучалось влияние режима автоматической сварки под флюсом на физико-механические свойства и электрохимическую гетерогенность стали 17Г1С, которая широко применяется для изготовления труб магистральных нефтепроводов.

Наплавка на поверхность пластин выполнялась омедненной сварочной проволокой марки Св08ГА диаметром 2 мм под флюсом АН348 на постоянном токе обратной полярности. Из пластин вырезались поперечные образцы, на которых измеряли твердость по Виккерсу при нагрузке 49,05 Н и значения стационарных электродных потенциалов в 0,9 н растворе H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> относительно хлорсеребряного электрода сравнения.

Используя метод планирования эксперимента, получено уравнение регрессии:

$$\phi = -369,4 - 0,24x_1 - 0,32x_3,$$

где  $x_1$  – величина сварочного тока, А;  $x_3$  – скорость сварки, м/час.

Из данного уравнения видно, что с увеличением скорости сварки и величины сварочного тока стационарный электродный потенциал смещается в сторону более отрицательных значений. Это подтверждается и результатами непосредственного его измерения при двух значениях сварочного тока 250 и 350 А при скоростях сварки 15, 30, 45 и 60 м/час.

Данные этих измерений приведены в таблице 1 и на рисунке 2. При аналогичных условиях определялась твердость сварных швов. Данные этих измерений приведены в таблице 2 и на рисунке 3.

Таблица 2. Значения твердости сварного шва в зависимости от скорости сварки и величины сварочного тока, HV, кгс/мм<sup>2</sup>

Скорость сварки, м/час	Величина сварки тока, А	
	250 А	350 А
15	187-195*	158-164
	190	161
	(5)	(5)
30	207-212	178-184
	209	181
	(5)	(5)
45	218-224	188-195
	221	190
	(5)	(5)
60	228-235	200-205
	230	202
	(5)	(5)

\* В числителе указываются минимальная и максимальная величина твердости, а в знаменателе – ее среднее значение, в скобках – количество проведенных измерений

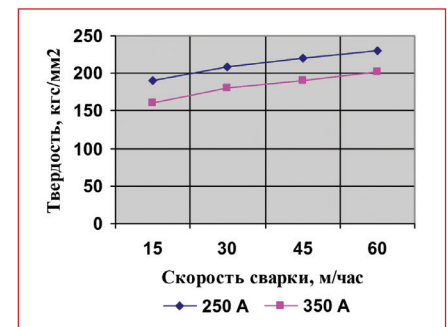


Рис. 3. Зависимости твердости сварных швов от скорости сварки и величины сварочного тока

Результаты измерения твердости сварных швов и стационарных электродных потенциалов показали корреляцию значений от величины сварочного тока и скорости сварки.

Таким образом, использование технологических возможностей сварки позволяет повысить коррозионную и коррозионно-механическую стойкость стыков труб магистральных трубопроводов из стали 17Г1С за счет снижения электрохимической гетерогенности сварных швов.

**Литература:**

1. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. – М.: Металлургия, 1976. – 472 с.
2. Стеклов О.И. Стойкость материалов и конструкций к коррозии под напряжением. – М.: Машиностроение, 1990. – 384 с.