Повышение качества работоспособности сварных соединений

Эксперт **Романенко Виктор Павлович**, ОАО «Севкавэлектроремонт» г. Ростов-на-Дону
Эксперт **Кравченко Виктория Владленовна**, ОАО «Севкавэлектроремонт» г. Ростов-на-Дону

Обеспечение безаварийной работы электростанций является главной проблемой. Одним из решений этого вопроса является повышение качества и надежности сварных соединений при ремонтах и монтажах. Получение качественных швов требует применение хорошо отработанной технологии сварки с оптимальными тепловыми режимами, использование надежного сварочного оборудования и квалифицированного персонала. Немаловажное значение имеют здесь качество электродов, проволоки, газов, флюса, качество сборки. В дальнейшем качество и надежность сварных соединений принадлежит контролю.

За последние годы опыт показывает, что чаще и чаще происходят повреждения сварных соединений именно из-за нарушений технологии сварки.

На котле ТГМ-444 при гидравлических испытаниях по окончании текущего ремонта произошли повреждения сварных соединений вставок к трубам заднего экрана конвективной шахты, ширмо-конвективного пароперегревателя. Вставки произведены после плановых вырезок контрольных образцов.

Повреждения однотипны и имеют вид кольцевой трещины, распространяющейся на весь периметр трубы по сварному шву приварки вставки к трубе. Внешний вид повреждения показан на рис.1.

Толщина стенки труб составляет 4,2 -4,5 мм; вставки – 5,5-5,8 мм.

Для проведения макроисследования часть сварного стыка разрезалась на темплеты. При выполнении разрезки темплеты распались на две половины по зоне термовлияния. После шлифования и травления темплетов 10% раствором азотной кислоты выявлены трещины глубиной 3,8 мм между основным металлом и швом по зоне термовлияния и по наплавленному металлу; сквозная трещины по сварному шву со стороны трубы и трещина глубиной 2,8 мм со стороны вставки (рис.2).

На внутренней поверхности по всему периметру сварного стыка обнаружен грат высотой 5,5 мм и максимальной шириной 18,0 мм. После удаления грата в районе сварных соединений обнаружены недопустимые дефекты: сквозные трещины, развившиеся между основным металлом и швом. Выявленные дефекты относятся к недопустимым согласно п.18.3.4 [1]

Металлографическим анализом установлено, что микроструктура металла шлифа края обрыва со стороны трубы имеет структуру перекристаллизации, что свидетельствует о перегреве металла во время сварочных работ выше критический точки Ас1 (Рис.3). Ширина этой зоны составляет ≈ 5 мм, далее микроструктура металла состоит из феррита и карбидов, расположенных по границам и телу ферритных зерен и дифференцированного сорбитообразного перлита.

Во время работы котла произошло повреждение трубы ширмо- конвективного пароперегревателя.

Повреждение произошло в зоне приварки подвесной трубы к ширме и представляет собой сквозную поперечную трещину, идущую от концентратора напряжения в виде подреза. Внешний вид поврежденной трубы показан на рис.4. Поперечное сечение трубы показано на рис.5.

Причиной образования трещины, развившейся по концентратору- подрезу, явились напряжения, возникшие вследствие перегрева и быстрого охлаждения металла трубы при сварке.

Визуальным контролем на внутренней поверхности трубы в месте повреждения выявлена тонкая поперечная трещина длиной на 1/3 периметра трубы.

С наружной поверхности, в месте приварки подвесной трубы, выявлены недопустимые технологические дефекты сварки.

Металлографическим анализом на продольном шлифе взятом по началу и краю трещины на всю толщину стенки наблюдаются характерные зоны сварного соединения- металл шва и линии сплавления имеют структуру перекристаллизации с ориентацией на мартенсит (рис.6).

Имеет место наличие сварочных тонких, окисленных трещин, носящих транскристаллитный характер, являющихся концентратором напряжения (рис.7).

На всю толщину стенки поперечного шлифа взятого на удалении также наблюдается структура перекристаллизации с ориентацией на мартенсит (рис.8).

Для оценки состояния металла и выявления графита произведена вырезка со сварным стыком из перемычки главного паропровода диаметром 219х9 мм. Сварка выполнена на подкладном кольце электродами АНО-6, типа Э-42.

Визуальным контролем на наружной поверхности представленного сварного соединения недопустимых дефектов не выявлено. Минимальная толщина стенки трубы 1 составила 7,3 мм, а трубы 2 - 8,1 мм, что выходит за пределы минусового допуска по толщине стенки -5% согласно ТУ [2]. Для оценки качества сварки и выявления внутренних дефектов приготовлен поперечный макрошлиф сварного соединения. В плоскости шлифа наблюдаются многочисленные дефекты, см. рис. 9:

- трещина в корневой части шва по зоне сплавления;
- одиночные шлаковые включения, расположенные: в корневой части шва, по зоне сплавления, в усилении шва, в количестве и размерами превышающими максимально допустимые значения: 4 шт. и 1 мм, соответственно, согласно п. 16.6.24, табл. 16.13 [1];
- отсутствие швов приварки кромок состыкованных труб к подкладному кольцу.

Выявленные дефекты являются недопустимыми, внутренними, технологическими дефектами и указывают на нарушение технологии сборки и сварки труб на подкладном кольце.

Металлографическим анализом установлено, что микроструктура металла сварного шва представляет собой структуру перекристаллизации с ориентацией на видманштет.

Прочностные свойства металла сварного соединения ниже требований РД[1] и ТУ [2] - не менее 450 МПа). Металл сварного соединения не обеспечивает равнопрочность основному металлу состыкованных труб.

Микроструктура металла сварного шва в зоне термического влияния представляет собой равноосную мелкозернистую структуру перекристаллизации состоящую из феррита и сфероидизированного перлита. Степень сфероидизации перлита соответствует баллу 3 шкалы сфероидизации приложение Е (обязательное) ОСТ [3]. Наблюдается образование глобулей

графита, см. рис. 10. Степень графитизации металла сварного шва соответствует баллу 1 шкалы графитизации приложение Д (обязательное) ОСТ [3]. Наличие графита в металле сварного шва подтверждено также химическим путём.

В связи с выявлением в сварном соединении недопустимых внутренних технологических дефектов, обусловленных нарушением технологии сборки и сварки труб паропровода на подкладном кольце, нецелевым использованием электродов, а также выявлением начальной стадии графитизации металла сварного соединения, администрации станции рекомендовано обеспечить в ближайший ремонт 100% ультразвуковой контроль всех сварных соединений главного паропровода. Все сварные соединения, забракованные по результатам УЗК переварить используя электроды, допущенные к сварке соответствующей категории паропровода.

Все вышеперечисленные повреждения произошли из-за нарушения технологии сварки.

Станции совместно с производителями ремонтных работ рекомендовано составить мероприятия, направленные на повышение качества ремонтно-сварочных работ и обеспечение эксплуатационной надежности сварных соединений. В мероприятия должны быть включены вопросы обеспечения строгого соблюдения технологии сборки, сварки в соответствии с требованиями РД [1].

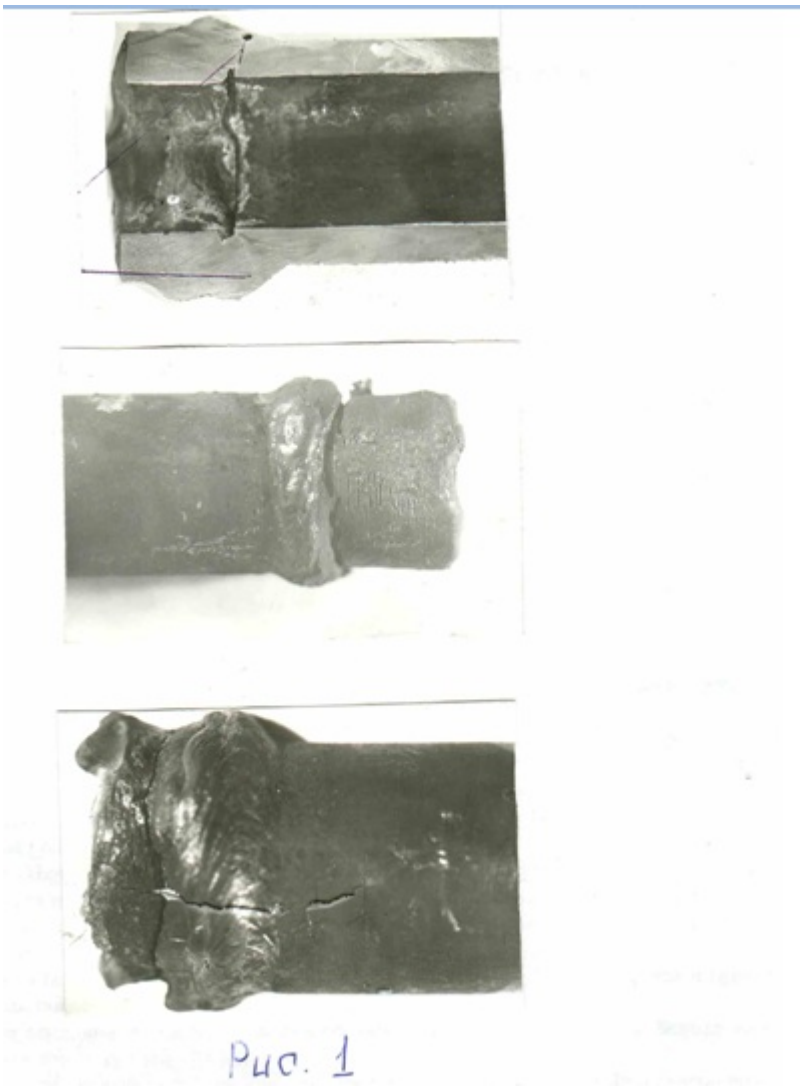
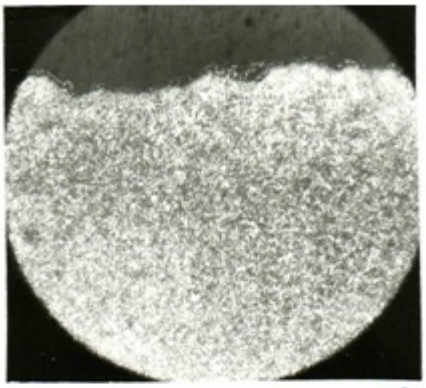


Рис. 1

Рис. 2



×100

Рис. 3

Рис. 4

Рис. 5

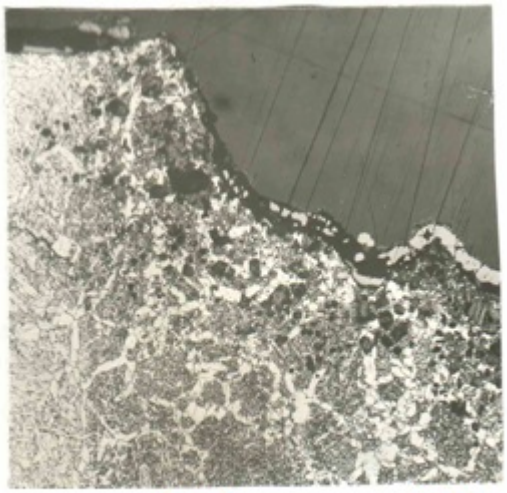


Рис.6 x100

Рис.7 x100

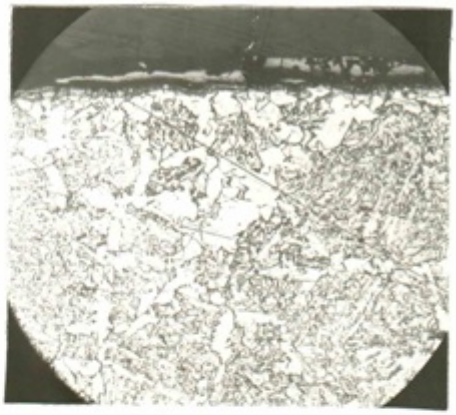


Рис. 8 x100

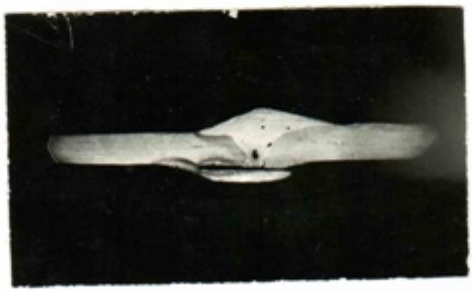


Рис. 9

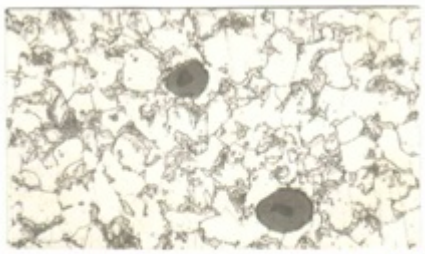


Рис. 10 x 500

Используемая литература:

1. РД 153-34.1-003-01 (РТМ-1с) «Сварка, термообработка и контроль трубных систем котлов и трубопроводов при монтаже и ремонте энергетического оборудования».

2. ТУ14-3Р-55-2001 «Трубы стальные бесшовные для паровых котлов и трубопроводов».

3. ОСТ 34-70-690-96 «Металл паросилового оборудования электростанций. Методы металлографического анализа в условиях эксплуатации».