



## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СВАРНОГО УЗЛА ВРЕЗКИ ПАТРУБКОВ В СТЕНКУ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТИ

А. Ю. БАРВИНКО, Ю. П. БАРВИНКО, кандидаты техн. наук  
(Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Рассмотрена работоспособность узла врезки патрубков для технологических трубопроводов и люков в нижний пояс стенки резервуаров большой вместимости для хранения нефти. Показано, что принятая в отраслевых нормах односторонняя разделка кромок отверстия для патрубков с последующей сваркой кольцевого шва с внутренней стороны стенки не может гарантировать требуемого полного проплавления. Предложено выполнять двустороннюю несимметричную разделку кромок, что существенно улучшает условия сварки и повышает качество формирования кольцевого шва.

*Ключевые слова:* дуговая сварка, резервуар для хранения нефти, стенка, узел врезки патрубков, односторонняя сварка, полное проплавление

По технологическим требованиям в нижнем поясе стенки вертикальных цилиндрических резервуаров для хранения нефти выполняется врезка различных патрубков для технологических трубопроводов и люков. Места врезок расположены в области стенки, которая подвергается воздействиям кольцевых и изгибающих напряжений краевого эффекта, вызванных жестким соединением стенки с днищем. С целью обеспечения необходимой работоспособности мест врезок патрубков по существующим технологическим нормам предусматривается усиление специальными накладками, при этом соединение стенки с патрубками (рис. 1, а) должно иметь полное проплавление [1, п. 3.10.1.6] и [2, п. 3.7.2.1].

Отверстия под патрубки вырезают на монтаже вручную кислородной резкой. Зазор между стенкой и патрубком в соответствии с технологическими нормами [1] должен составлять 0...3 мм. При толщине стенки резервуара 20 мм и более и односторонней сварке с указанным зазором неповоротного стыка выбрать и качественно зачистить корень такого шва абразивным кругом затруднено из-за наличия стенки патрубка и кривизны разделки. Глубина выборки корня шва с обратной стороны достигает 4...6 мм (рис. 1, б). При отсутствии действенного метода контроля и способов исправления имеющихся дефектов качество формирования шва зависит от квалификации сварщика.

Опыт эксплуатации резервуаров с конструкцией врезок патрубков, рекомендованной в [1], свидетельствует о том, что места врезок являются зонами повышенной концентрации напряжений,

и здесь может происходить зарождение и развитие трещины. На рис. 2 показано развитие трещины в кольцевом шве, выполненном на креплении уси-

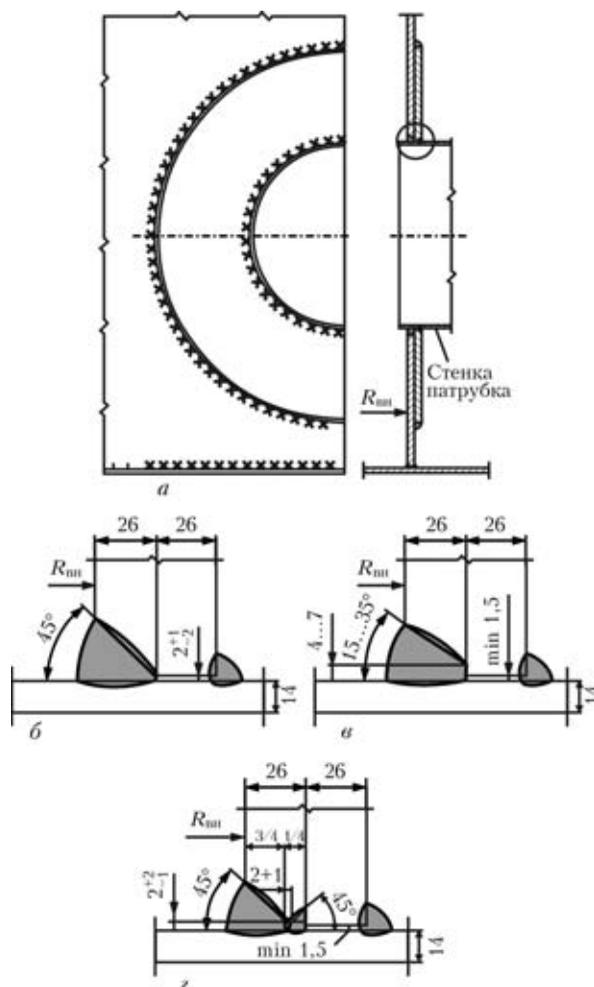


Рис. 1. Конструктивные решения узла (а, обведено кружком) соединения стенки резервуара РВС ПК вместимостью 50 тыс. м<sup>3</sup> с обечайкой по нормам ПБ 03-605-03 (б), стандарту API 650 (в) и предлагаемое ИЭС им. Е. О. Патона (г) ( $R_{\text{вн}}$  — внутренний радиус стенки)



Рис. 2. Развитие трещины в кольцевом шве, выполненном на усиливающей накладке овального люка, в резервуаре для хранения нефти из стали 09Г2С-12 вместимостью 20 тыс. м<sup>3</sup> с толщиной стенки 16 мм

ливающей накладки к стенке толщиной 16 мм овального люка резервуара для хранения нефти из стали 09Г2С-12 РВС ПК вместимостью 20 тыс. м<sup>3</sup>. Зарождению и развитию трещины в значительной мере способствует наличие на вертикальной оси укрупнительного стыкового шва накладки. На рис. 3 представлен еще один случай разрушения кольцевого шва, выполненного при вваривании патрубка Ду 300 в стенку резервуара РВС ПК из стали типа С390 вместимостью 50 тыс. м<sup>3</sup> с толщиной стенки 26 мм. При гидравлическом испытании через контрольное отверстие в накладке появилась течь воды. После полного спуска воды был выполнен цветной контроль кольцевого шва внутри емкости, который выявил наличие сквозных кольцевых и поперечных трещин преимущественно в нижней части шва (рис. 3). Помимо недостатков технологии сварки, существует еще ряд отрицательных факторов, которые приводят к зарождению и развитию трещин — это трудности получения полного проплавления стенки по ее толщине и особенно в корне шва.

Для улучшения условий получения шва требуемого качества в соответствии с существующими нормами [2] рекомендуется несколько иная разделка кромок отверстия стенки (см. рис. 1, в), при которой зазор между стенками резервуара и патрубком должен быть увеличен до 4...7 мм. В целях уменьшения объема наплавленного металла угол разделки выбирают равным 15...35°. Однако вваривание патрубков в стенку резервуара РВС ПК вместимостью 50 тыс. м<sup>3</sup> показало, что увеличение зазора при уменьшении угла разделки не решает проблемы качественного проплавления кор-

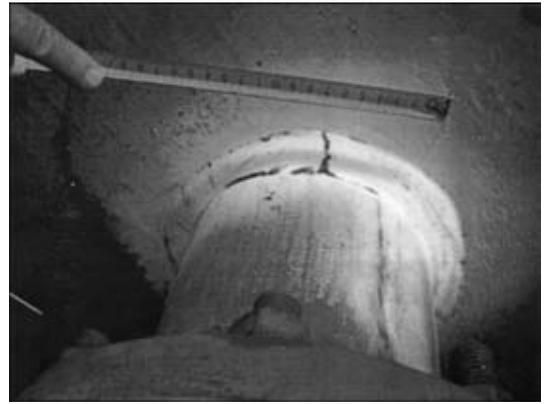


Рис. 3. Трещины в кольцевом шве при вваривании патрубка Ду 300 в первом поясе стенки резервуара для хранения нефти РВС ПК вместимостью 50 тыс. м<sup>3</sup> с толщиной стенки 26 мм из стали типа С390

ня кольцевого шва. Так, при зазоре 5...7 мм существенно увеличивается объем наплавленного металла в корне шва, а торец корня шва снаружи имеет углубление на 3...8 мм, что не позволяет выполнить его качественную зачистку и последующую подварку. Вместе с тем на всех иллюстрациях к нормам [1, 2] нет прямых указаний о необходимости зачистки и подварки корня шва с последующим снятием усиления заподлицо со стенкой для плотной подгонки усиливающей накладки.

Анализ технических решений, предложенных в действующих нормах, по обеспечению полного проплавления стенки резервуара РВС ПК вместимостью 50 тыс. м<sup>3</sup> при соединении ее со стенкой ввариваемых патрубков показал, что при толщине нижнего пояса более 20 мм стандартные решения не гарантируют получения кольцевого шва требуемого качества. Предлагается перейти на двустороннюю сварку кольцевого шва с разделкой кромок отверстия в стенке с двух сторон. В решении, представленном на рис. 1, з, сохранение угла скоса  $\alpha = 45^\circ$  обеспечивает условия, достаточные для качественной проварки корня и заполнения разделки шва, а разделка стенки снаружи дает хороший доступ для зачистки корня и выполнения его качественной подварки. Усиление корневого шва можно удалить с помощью абразивного круга или сделать фаску на накладке.

Определенные особенности имеет и технология вваривания патрубков в нижние пояса стенки резервуаров. Главная состоит в том, что кольцевые швы выполняют в условиях жесткого контура, когда нет податливости свариваемых элементов и поперечные усадочные деформации шва должны компенсироваться пластическими свойствами металла стенки и самого шва. Для компенсации указанных деформаций действующими нормами к металлу стенки резервуара предъявляются специальные дополнительные требования: необходимое отношение предела текучести к временному соп-



ротивлению составляет  $\sigma_T/\sigma_B \leq 0,75$  [2], значение относительного сужения  $\psi_z \geq 25\%$  [3], а сам кольцевой шов следует подвергать термической обработке (отпуску). При выполнении резервуара из высокопрочных сталей (типа С390 и др.) рекомендуется применять предварительный и послесварочный местный подогрев участков его стенки, прилегающих к кольцевому шву, что улучшает условия для реализации высоких пластических свойств основного металла и металла шва. Используемые сварочные материалы должны

Performance of the unit for cutting branch pipes into industrial pipelines and hatches in lower rings of walls of high-capacity oil storage tanks is considered. It is shown that one-sided grooving of the branch pipes followed by circumferential welding on the inside, as specified in industry standards, cannot guarantee the required complete penetration of the wall. It is suggested that the two-sided asymmetric grooves should be made, this providing substantial improvement of the welding conditions and quality of the circumferential welds.

обеспечивать достаточную пластичность металла шва, и особенно корневых проходов.

1. *ПБ 03-605-03*. Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для хранения нефти нефтепродуктов. — М., 2003. — 128 с.
2. *API 650*. Сварные стальные резервуары для хранения нефтепродуктов / Американский национальный институт стандартов FNSI/STD 650. — Введ. в мае 1993 г.
3. *ГОСТ 28870-90*. Сталь. Методы испытаний на растяжение толстолистового проката в направлении толщины. — Введ. 01.01.92.

Поступила в редакцию 18.10.2010

## РАЗРАБОТАНО В ИЭС

### Упрочнение деталей прессоштамповой оснастки методом нанесения карбидного покрытия из расплава солей

В ИЭС им. Е.О.Патона разработана технология нанесения износостойких покрытий из карбидов ванадия и хрома на поверхность изделий из железоуглеродистых сплавов (сталей, чугуна). Твердость покрытий из карбида ванадия составляет 26...28 ГПа, из карбида хрома 16...18 ГПа. Толщина покрытий находится в пределах 5...40 мкм в зависимости от состава стали, типа карбида и условий нанесения. Основным требованием к составу стали является концентрация углерода в поверхностном слое (не менее 0,6% в случае карбида ванадия и 0,35% — карбида хрома).

Процесс формирования покрытия заключается в погружении детали в расплав соли, нагретый до 850...1050 °С, с выдержкой в течение 0,5...3,0 часа и позволяет совмещать процесс нанесения покрытия с безокислительным нагревом изделия под закалку. Условия охлаждения детали с покрытием (в воду или масло) и операции последующего отпуска зависят от требований к термообработке материала ее основы. Финальный этап заключается в отмывке поверхности детали в горячей воде от остатков расплава соли. Шероховатость поверхности стали с покрытием не ухудшается, если в исходном состоянии  $R_a \geq 0,5$  мкм.

Технология отличается высокой экологичностью, токсичные сливные отходы и газовыделения отсутствуют, может быть реализована в условиях обычного участка термической обработки при наличии шахтной печи с рабочей температурой 1000...1200 °С.



Детали с карбидным покрытием могут эксплуатироваться при температурах в случае карбида ванадия — до 400 °С, в случае карбида хрома — до 850 °С.

Опыт практического применения данной технологии показал, что высокая твердость карбидного слоя обеспечивает повышение срока службы прессоштампового инструмента в 3...50 раз в зависимости от марки инструментальной стали и условий эксплуатации инструмента.

Дополнительным преимуществом покрытия из карбида ванадия является снижение коэффициента трения и возможность за счет этого вести процесс штамповки без смазки.

Разработанная технология найдет применение при упрочнении прессоштампового, режущего, гибочного, вытяжного и лезвийного инструмента, а также деталей машин и оборудования, работающих в условиях трения и износа, в том числе при наличии ударных нагрузок.

**Контакты:** 03680, Украина, Киев-150, ул. Боженко, 11  
Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, отд. № 73  
тел.: (38044) 289 21 71, 289 86 87; факс: (38044) 289 21 71