

Изобретение относится к области сварки плавлением и, более конкретно, к способу сварки плавлением с помощью лучевых источников нагрева. Оно может быть использовано в различных отраслях приборостроительной и химической промышленности, а также в энергетическом машиностроении и медицине при электронно-лучевой и лазерной сварке кольцевых швов, преимущественно, тонкостенных трубок, сильфонов и мембран с элементами арматуры.

Известен в сварочной практике способ сварки плавлением тонкостенных трубок и сильфонов с элементами арматуры, при котором сварку производят при вертикальной оси вращения изделия, а кромку свариваемой детали размещают между отбортовкой на арматуре и технологическим кольцом на одном уровне [1]. Несмотря на то, что такой способ сварки обеспечивает удовлетворительные механические свойства сварных соединений, применение его ограничивается низкими показателями сварных соединений по вакуумной плотности.

Существенным недостатком этого способа является то, что при небольших толщинах стенки трубки или сильфона резко возрастают требования по точности изготовления элементов арматуры и технологического кольца. Если зазор между стенкой трубки или сильфона и сопрягаемыми деталями превышает величину 0,05мм, при сварке имеет место несплавление кромок и потеря герметичности сварного узла.

Известен также способ сварки плавлением мембранных, сильфонных и других узлов с толщиной стенки 0,06 - 0,8мм, при котором кромку свариваемой детали размещают между элементом арматуры и технологическим кольцом. Для обеспечения вакуумной плотности сварного соединения кромку свариваемой детали размещают на одном уровне с кромкой элемента арматуры, кромку технологического кольца устанавливают с оговоренным превышением, а сварку выполняют с наклоном электрода в поперечном направлении в сторону технологического кольца [2]. Недостатком этого способа, выбранного в качестве прототипа, является то, что при малых толщинах стенки трубки или сильфона и наличии зазоров по периметру кольцевого стыка между стенкой трубки или сильфона и сопрягаемыми деталями более 0,05мм имеет место из-за отсутствия теплового контакта перегрев металла стенки трубки или сильфона, их интенсивное оплавление и усадка, что в конечном итоге приводит к образованию несплавления и разгерметизации сварного узла, которую в большинстве случаев невозможно восстановить.

В основу настоящего изобретения поставлена задача усовершенствовать способ сварки плавлением тонкостенной трубки с арматурой путем установки тонкостенной трубки с превышением над уровнем отбортовки арматуры и технологического кольца, выбора величины этого выступания, выполнения сварки лучом в два прохода и выбора мощности луча при первом проходе, что позволяет исключить несплавления в нижней части шва между стенкой трубки, арматурой и технологическим кольцом и, таким образом, исключить разгерметизацию сварного узла и обеспечить 100%-ный выход годной продукции.

Поставленная задача решена тем, что в предложенном способе сварки плавлением, включающем вращение изделия относительно

неподвижного источника нагрева или отклонение и вращение источника нагрева по кольцевому стыку неподвижного изделия, выполнение отбортовки на арматуре, а также использование технологического кольца, при сборке обеспечивают превышение части трубки над уровнем отбортовки арматуры и технологического кольца в соотношении $h = (4 - 8)\Delta_1$, где h - величина превышения стенки трубки, Δ_1 - величина зазора между стенкой трубки и арматурой и технологическим кольцом, затем сварку выполняют лучом в два прохода: в первом проходе маломощным лучом оплавливают только выступающую часть трубки, а во втором проходе сварочным лучом выполняют сварку с одновременным расплавлением суммарной толщины отбортовки арматуры, стенки трубки и технологического кольца. Кроме этого, при первом проходе мощность луча выбирается из

соотношения $P_1 = \frac{(2-3)\Delta_2}{\Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_4} P_2$ где P_1 - мощность луча при первом проходе, Δ_2 - толщина стенки трубки, Δ_3 - толщина отбортовки арматуры, Δ_4 - толщина технологического кольца, P_2 - мощность луча при втором проходе.

Выполнение при сборке величины превышения части трубки над уровнем отбортовки арматуры и технологического кольца в соответствии с приведенным соотношением позволяет расплавить при первом проходе только выступающую часть трубки, заполнить расплавленным металлом зазоры между стенкой трубки, отбортовкой арматуры и технологическим кольцом по периметру кольцевого стыка и обеспечить надежный тепловой контакт между оговоренными элементами. Выбор величины выступания трубки $h < \Delta_1$ затрудняет процесс заполнения расплавленным металлом зазоров между стенкой трубки, арматурой и технологическим кольцом, а выбор величины $h > 8\Delta_1$ - приводит к прерывистому формированию расплавленного валика на трубке.

Выполнение сварки лучом в два прохода позволяет исключить образование несплавления между стенкой трубки, арматурой и технологическим кольцом в нижней части шва, обеспечить качественное формирование сварного соединения по всему периметру кольцевого стыка и 100% - ный выход годной продукции.

Выбор мощности луча при первом проходе в соответствии с приведенным соотношением позволяет сократить время на подбор параметров сварки лучом. Выход из оговоренного диапазона мощности луча при первом проходе в сторону меньших значений не обеспечивает расплавление выступающей части трубки на всю высоту, а в сторону больших значений - приводит к перегреву металла стенки трубки, ее интенсивному оплавлению и усадке, что в конечном итоге приводит к образованию несплавления между стенкой трубки, отбортовкой арматуры и технологическим кольцом.

На фиг.1 представлена сборка с превышением стенки трубки над уровнем отбортовки арматуры и технологического кольца; на фиг.2 - последовательность сварки лучом в два прохода.

Сущность предлагаемого способа заключается в следующем.

Трубку 1 с толщиной стенки Δ_2 устанавливают

относительно отбортовки арматуры 2 с превышением над уровнем отбортовки на величину (h). При этом по периметру кольцевого стыка между стенкой трубы и арматурой может иметь место зазора величиной (Δ_1).

После установки трубы 1 на арматуру 2 выполняют установку технологического кольца 3 по наружному диаметру трубы таким образом, чтобы обеспечить расположение торцев отбортовки арматуры и технологического кольца на одном уровне.

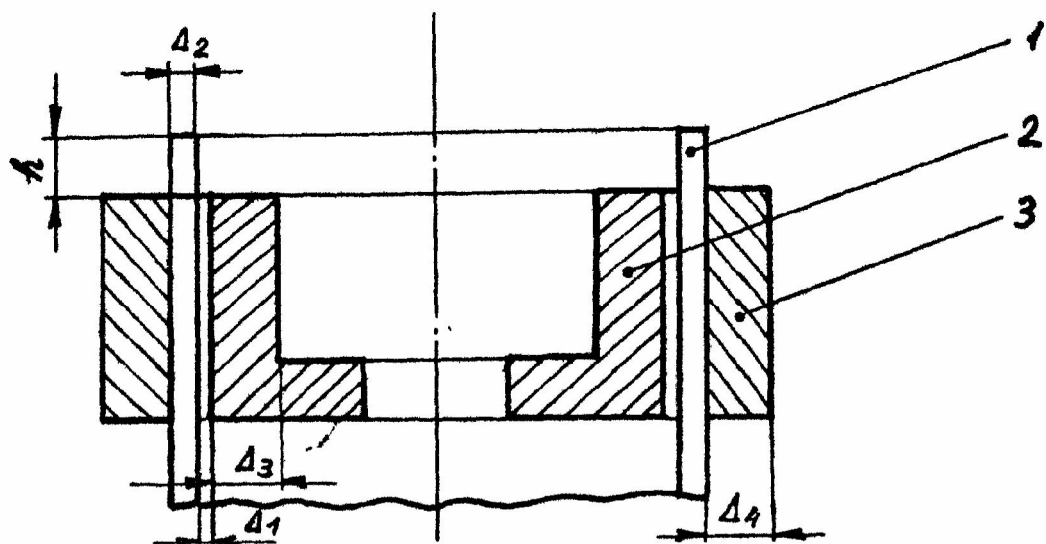
Затем выполняют сварку лучом по технологической схеме с вращением изделия относительно неподвижного луча в два прохода: за первым проходом маломощным лучом 4 оплавливают только выступающую часть трубы 1 с образованием валика 5, за вторым проходом сварочным лучом 6 выполняют сварку с одновременным расплавлением суммарной толщины отбортовки арматуры, стенки трубы, технологического кольца и образованием сварного шва 7. При выполнении вышеперечисленной последовательности операций с оговоренными граничными условиями сварной шов 7 формируется без прожогов и несплавлений.

Предложенный способ реализован при электронно-лучевой сварке трубы диаметров 20мм с толщиной стенки $\Delta_2 = 0,12$ мм с отбортовкой арматуры толщиной 0,5мм и технологическим кольцом толщиной 0,5мм на лабораторной установке ОБ1803. Материал трубы, арматуры и технологического кольца - прецизионный дисперсионно-твердеющий сплав 36НХТЮ. Входящие в состав установки электронная пушка ПЛ102 и высоковольтный источник питания УЛ140 обеспечивали следующий режим сварки в два прохода при вращении изделия относительно неподвижного электронного пучка: ускоряющее напряжение - $U_{\text{уск}} = 60$ кВ, ток пучка при втором проходе $I_{\text{п2}} = 2,5$ мА, скорость сварки - $V_{\text{св}} = 5$ мм/с, мощность пучка при втором проходе - $P_2 = 150$ Вт. При этом величины h и P_1 выбирались в соответствии с таблицей, в которой примеры под номерами 1, 4, 5, 8 для величин h и P_1 соответственно являются запредельными, а в примерах под номерами 2, 3, 6, 7 величины h и P_1 выбраны в соответствии с изобретением. Отсутствие волнообразного формирования оплавления по периметру кольцевого стыка, оплавление выступающей части трубы на всю высоту и сохранение герметичности сварного шва для примеров 2, 3, 6, 7 позволяет сделать вывод о правильности выбранных величин h и P_1 . Как видно из таблицы, в примерах 1, 4, 5, 8 имеет место нарушение теплового контакта оплавленной трубы с арматурой, в примерах 4 и 8 - волнообразное формирование оплавления, а в примерах 1, 4, 5, 8 - разгерметизация сварного шва. Испытания сваренных узлов на герметичность и металлографический анализ показали, что предложенный способ обеспечивает вакуумную плотность и стабильное формирование кольцевого шва по всему периметру.

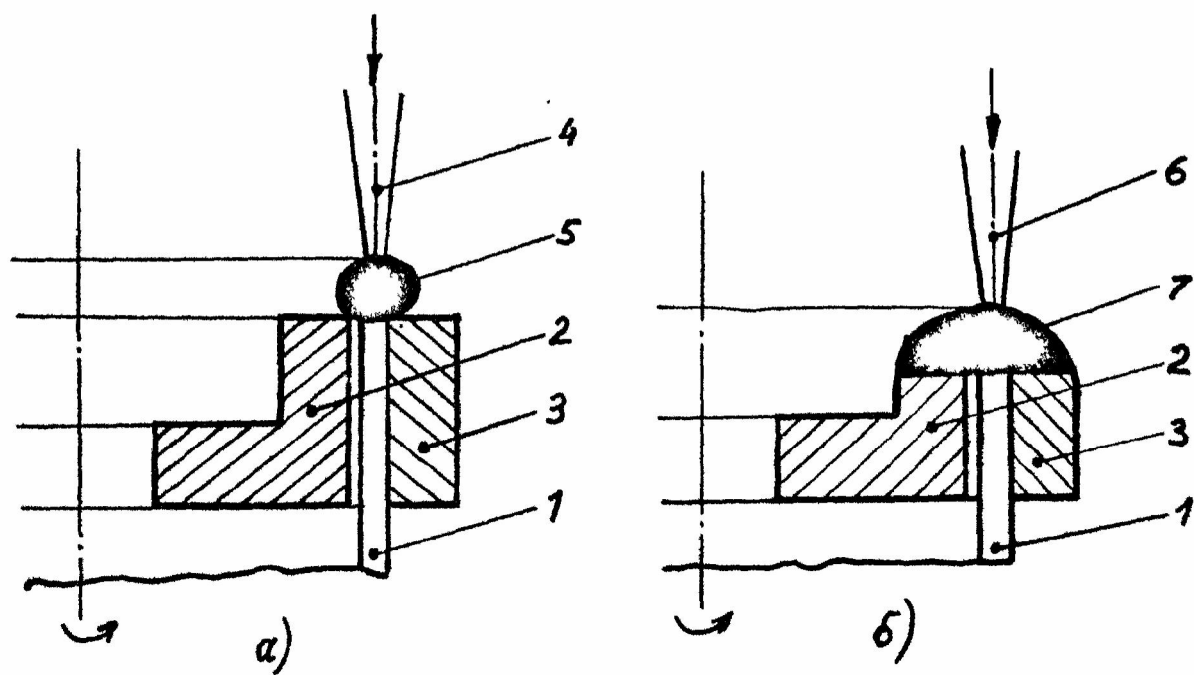
Предлагаемый способ сварки плавлением тонкостенной трубы с элементами арматуры может применяться в приборостроительной и химической промышленности, а также в производстве медицинской техники.

Результаты электронно-лучевой сварки по отбортовке трубы с толщиной стенки $\Delta_2=0,12$ мм
величине зазора $\Delta_1=0,05$ мм

№ п/п	Режим сварки				h, мм	P ₁ , ВА
	U _{уск} , кВ	I _{п1} , мА	I _{п2} , мА	V _{св} , мм/с		
1	60	0,66	2,5	5	0,15	40
2	60	0,66	2,5	5	0,2	40
3	60	0,66	2,5	5	0,4	40
4	60	0,66	2,5	5	0,5	40
1	60	0,48	2,5	5	0,3	29
2	60	0,53	2,5	5	0,3	32
3	60	0,80	2,5	5	0,3	48
4	60	0,86	2,5	5	0,3	52



Фиг. 1



Фиг. 2