

УДК 621.791.053.67

Сагань В. Я., Лой С. А.

## ОДНОСТОРОННЯЯ АВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА СТЫКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ОБЕЧАЕК

В судовом машиностроении изготавливают значительное количество обечаек различных конструкций и назначений (коллектора, сепараторы, масло- и топливоподогреватели, теплообменные аппараты и пр.). При этом одной из трудоемких и ответственных технологических операций является сварка поперечных стыковых швов (приварка доньшек, сварка обечаек между собой).

В настоящее время в промышленности (судостроение, котлостроение, химическое и атомное машиностроение и др.) сварку стыковых соединений обечаек выполняют двусторонним способом:

- вначале выполняют внутренний шов;
- затем после удаления корня шва – наружный шов (при применении автоматической сварки под слоем флюса строжку корня шва не производят).

Выполнение внутреннего шва в зависимости от диаметра обечайки и толщины листов производится различными способами: вручную, механизированным – в среде защитных газов, автоматическим – под слоем флюса. Недостатками двустороннего способа сварки стыков обечаек являются:

- необходимость выполнения операций сварки внутри закрытого сосуда (что не всегда возможно);
- значительная трудоемкость процесса (необходимость дополнительной операции – строжки корня шва и последующего заполнения глубокой фаски после строжки).

С целью повышения производительности сварки, а также выполнения процесса без нахождения электросварщика внутри сосуда были рассмотрены возможности применения односторонней сварки с обратным формированием шва [1–3].

Целью работы являлось – разработка конструкции гибких подкладок и технологии односторонней сварки стыковых соединений обечаек с применением опытных подкладок.

В судостроении, как в отечественном, так и в зарубежном, при выполнении монтажных стыковых соединений изделий с погибью, а также стыков труб, газоходов, резервуаров широкое применение нашли малогабаритные подкладки различных конструкций [1–3; 4]. Наиболее перспективные направления в развитии малогабаритных подкладок с учетом условий сварки стыковых соединений обечаек следующие:

- подкладки из гибкого материала (стеклоткани, стекложгуты, стеклоленты);
- комбинированные многослойные подкладки, имеющие верхний слой из стеклолент [3–5].

При создании подкладок на основе стеклолент и стеклошнуров привлекает широкий спектр их свойств [6]:

- большой диапазон температур плавления и затвердевания у разных типов стеклотканей (от 800 °С до 1750 °С);
- хорошая изгибаемость, что позволяет без особого труда принимать сложную форму поверхности обечаек и облегчает установку подкладок даже при некотором смещении кромок деталей;
- малая сорбционная влажность (гигроскопичность);
- химический состав компонентов стекол применяемых при изготовлении стекловолоконных материалов, близок сварочным флюсам [6].

В настоящее время промышленность изготавливает ленты толщиной не более 0,25 мм, что недостаточно для формирования шва с обратной стороны, так как при контакте с металлом

шва лента полностью расплавляется [6]. Применение составных подкладок из 10–15 лент усложняет конструкцию и изготовление их при незначительном улучшении формирования шва. Поэтому в качестве формирующего слоя опытных подкладок применяли ленты толщиной от 2,7 до 5,2 мм и шириной 30 мм, полученные путем разрезания лазерным лучом полотна многослойных стеклотканей, марки МТБС-5,2, МКТ-5,25, МКВТ-5,1, МТТС-2,1 [6].

Ткани кварцевого состава МКВТ-5,1 чрезвычайно дефицитны и дороги, кроме того характеризуются высокой температурой начала плавления ( $t_{пл} = 1850\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), поэтому не были применены в исследованиях.

В результате проведенных экспериментов по сварке на опытных подкладках было установлено следующее:

- подкладка из стеклоткани МКТ-5,1 не расплавляется при контакте с жидким металлом, что не способствует формированию шва с обратной стороны;
- подкладка из стеклоткани МТТС-2,1 при контакте с металлом полностью расплавляется и не обеспечивает удовлетворительное формирование шва;
- подкладка из стеклоткани МТБС-5,2 при контакте с жидким металлом расплавляется на глубину 1,0...1,5 мм, обеспечивая хорошее формирование шва с обратной стороны.

С целью повышения термостойкости подкладок в научно-исследовательском институте стеклопластиков и волокна была разработана комбинированная ткань марки МКБТ-3,3, предназначенная специально для односторонней сварки. В дальнейшем на опытном заводе этого института была изготовлена лента путем сложного переплетения семислойной ткани, четыре формирующих слоя которой состоят из нитей алюмоборосиликатного стекла, а три защитных слоя – из кремнеземных безусадочных нитей. Лента получила марку ГПЛ-1 (гибкая подкладная лента) [5].

Закрепление кромок опытных образцов производилось с помощью гребенок, устанавливаемых внутри обечайки либо снаружи. Постановка гребенок внутри обечайки усложняет процесс установки подкладной ленты с помощью фольгоплен и делает невозможным применение механических устройств для установки подкладок. Второй вариант упрощает процесс установки ленты как с помощью клея постоянной липкости, нанесенного на алюминиевую фольгу (рис. 1), так и с помощью механического подкладного устройства (рис. 2). Однако во время сварки процесс приходится останавливать в местах установки гребёнок либо удалять их по мере выполнения шва.

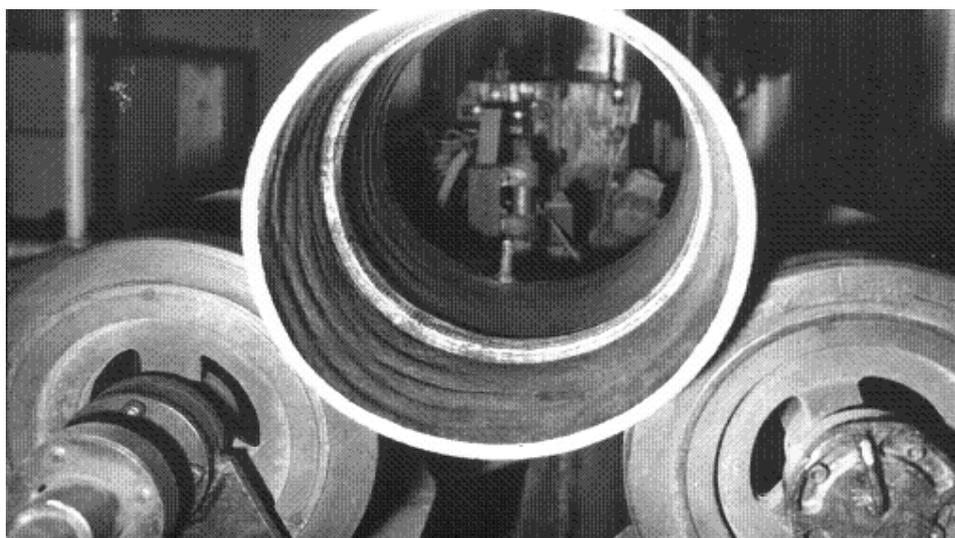


Рис. 1. Крепление подкладной ленты под стыковое соединение обечайки с помощью фольгоплен

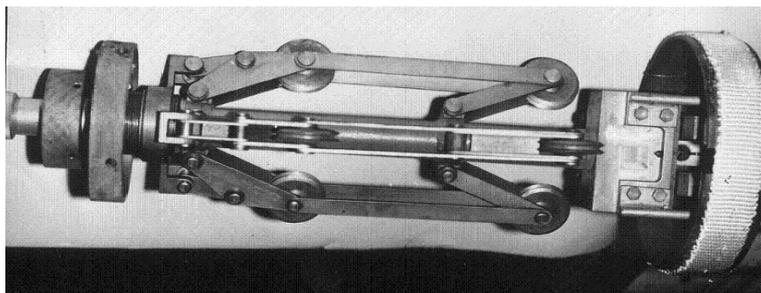


Рис. 2. Подкладное механическое устройство для установки подкладки из стеклоленты под стыковое соединение обечайки

Определение режимов односторонней сварки поперечных стыковых соединений производилось на трубах разного диаметра ( $D_{тр.} \geq 325$  мм) и толщин (4...12 мм) полуавтоматами А-547 и А-825, а также на автоматической сварочной установке АСТА (табл. 1–2) [8].

Таблица 1

Технические данные установки АСТА

Технические характеристики	Параметры
Диаметр свариваемых корпусов, мм	400...1200
Длина свариваемых корпусов, мм	700...3200
Сварочный ток, А	100...500
Скорость сварки, м/час	4,5...9,0
Диаметр сварочной проволоки, мм	1,2...2,0
Частота колебаний горелки, 1/с	1...3
Расход защитного газа, л/мин	12...20
Масса, кг	3430

Таблица 2

Режимы односторонней механизированной сварки в среде  $CO_2$  кольцевых стыковых соединений на гибкой подкладке ГПЛ-1 (диаметр проволоки 1,2 мм, марка проволоки – Св 08Г2С)

Конструктивные элементы кромок свариваемых деталей	Толщина кромок S, мм	Проход	Режимы сварки				
			$I_{св}, A$	$U_{д}, B$	$v_{св}, м/ч$	A, мм	n, 1/с
	4...5	1	120...140	20...22	22,0	$2^{+1}$	3
	8...12	1	150...170	24...26	22,0	$3^{\pm 1}$	3
		2	170...180	26...28	22,0	$4^{+1}$	2
При полуавтоматической сварке амплитуда и частота колебаний горелки не задаются							

При этом учитывалось, что, в разрабатываемой технологии отличием от двусторонней сварки, являются особые условия выполнения корневого шва, обеспечивающие получение шва с обратной стороны определенных размеров.

Особые условия заключаются в технике выполнения корневого прохода многослойных швов:

- при сварке в нижнем положении горелку устанавливают с наклоном 10–15 ° углом назад;
- конец электрода перемещается вдоль стыка без поперечных колебаний;
- при сварке в вертикальном положении угол наклона горелки принимают равным 15–20 °;
- горение дуги при всех положениях поддерживают на передней части сварочной ванны.

Анализ односторонних сварных соединений с обратной стороны показал (рис. 3):

- поверхность металла гладкая и неокисленная;
- чешуйчатость и гребнистость шва отсутствуют;
- высота усиления шва равна 1,0...2,0 мм с плавными переходами к основному металлу;
- размеры сварных швов соответствуют требованиям отраслевого стандарта ОСТ 5.9088-88 [7].



Рис. 3. Внешний вид стыкового шва с обратной стороны

При рентгенографировании сварных соединений внутренние дефекты не обнаружены. Результаты механических испытаний сварных соединений приведены в таблице 3. Анализ показал, что механические свойства сварных соединений на стали марки 09Г2, выполненные односторонним способом на подкладке ГПЛ-1, удовлетворяют требованиям правил «Регистра».

Таблица 3

Результаты механических испытаний сварных соединений, выполненные односторонней механизированной сваркой в среде CO<sub>2</sub> на подкладке ГПЛ-1 (материал – 09Г2)

Вид сварного соединения	Толщина металла, мм	σ <sub>в</sub> , предел прочности, МПа	Угол загиба, град.	Работа удара при испытаниях при температуре, Дж		
				+ 20 °С	+ 0 °С	– 20 °С
	10,0					
Требования правил «Регистра»	–	≥ 490	≥ 120	≥ 34		
* Разрыв – по основному металлу						

Одним из важных свойств материала подкладок, применяемых при односторонней сварке, является стойкость против сорбционной влажности. Низкая стойкость материала подкладок приводит к поглощению влаги в значительных количествах из атмосферы при хранении, транспортировке и даже при установке подкладок под стыковое соединение, если

время до сварки занимает несколько часов. Поглощение влаги материалом подкладок приводит к образованию пор в металле шва, ухудшению формирования обратной стороны шва и, как следствие, к снижению механических свойств сварного соединения. Важным свойством материала подкладок является и химическая устойчивость при воздействии воды, что определяет возможности их использования после длительного хранения. Поэтому при выборе материала подкладок были исследованы указанные свойства материалов.

При изготовлении многослойных стеклотканей на поверхность стеклянных нитей наносятся текстильные замазливатели, предназначенные для защиты нитей от повреждения при текстильной обработке. Текстильные замазливатели представляют собой водные смеси органических веществ, содержание которых в исходном состоянии колеблется от 1,8 до 2,0 % [6].

В процессе сварки замазливатели разрушаются с выделением газов, что может привести к появлению пор в сварном шве. Образование пор зависит от состава замазливателя и количественного содержания его в подкладке.

Проведенные эксперименты показали:

– при удалении полностью замазливателя из лент и последующей сварке с их использованием формирование шва с обратной стороны не отличалось при использовании обычных подкладок;

– при воздействии холодной или даже кипящей воды стеклянные волокна алюмоборосиликатного состава практически не изменяются, что позволяет использовать подкладки при сварке после удаления влаги путём термообработки.

## ВЫВОДЫ

1. В связи с наметившейся тенденцией повышения экономичности процесса сварки стыковых соединений путём применения односторонних способов с обратным формированием шва и разработкой автоматических установок для сварки обечаек важным этапом дальнейшей автоматизации представляется разработка гибких монтажных подкладок.

2. Проведенные исследования показали, что перспективным материалом для изготовления гибких подкладок является многослойные стеклоткани алюмоборосиликатного состава.

3. Для повышения термостойкости подкладок при сварке разработана комбинированная лента, состоящая из четырех формирующих слоев алюмоборосиликатного состава и трёх защитных слоёв кремнезёмного состава.

4. Формирование швов с обратной стороны при односторонней сварке на стекловолоконных подкладках отвечают требованиям отраслевого стандарта, а механические свойства стыковых сварных соединений требованиям правил «Регистра».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Симонов Ю. И. Опыт применения полуавтоматической односторонней сварки на подкладках БФК-1 швов монтажных соединений стальных судов / Ю. И. Симонов, Л. Ф. Лякишев, В. П. Стеганцев // *Технология судостроения*. – 1982. – № 9.

2. Тераи К. Современное состояние односторонней автоматической сварки / К. Тераи, М. Арикава. – Л. : Судостроение. – 1974.

3. Акулов А. И. Тезисы докладов конференции «Прочность и технология изготовления сварных конструкций» / А. И. Акулов, Ю. В. Доронин. – М., 1983.

4. Мореко А. Г. Исследование и усовершенствование метода односторонней сварки с применением гибкой подкладки / А. Г. Мореко. – 1974. – № 473.

5. А. с. № 1512747. Гибкая двухслойная подкладка для формирования обратной стороны шва / А. И. Акулов, Ю. В. Доронин, Р. В. Райков и др. – ВНИИМССР.8.VI, 1989.

6. Изделия из непрерывного стеклянного волокна [Каталог]. Часть I. – НИИТЭН : Черкассы, 1973.

7. ОСТ 5.9083-88. корпуса стальных судов. Сварка углеродистых и низколегированных сталей. Основные положения.

8. Ахмедов Л. И. Автоматическая сварка корпусов теплообменных аппаратов / Л. И. Ахмедов, В. А. Рядовой // *Технология судостроения*. – 1984. – № 1.