

УДК 621.791

**А.Ю. Деревянных, Н.А. Кокоулин, А.А. Бородулин,
М.А. Баяндин, С.Е. Дударев
A.U. Derevyannykh, N.A. Kokoulin, A.A. Borodulin,
M.A. Bayandin, S.E. Dudarev**

ОАО «Пермский завод "Машиностроитель"»
Mashine Building Plant, Perm

**В.В. Каратыш
V.V. Karatysh**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Perm National Research Polytechnic University

**ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ
ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА КОЛЬЦЕВЫХ И ПРОДОЛЬНЫХ
ШВОВ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ ИЗ СТАЛЕЙ С ТОЛЩИНОЙ
СВАРИВАЕМЫХ КРОМОК ОТ 45 ДО 70 ММ**

**THE INTRODUCTION OF AUTOMATIC SUBMERGED ARC
WELDING CIRCUMFERENTIAL AND LONGITUDINAL
JOINTS ASSEMBLIES MADE OF STEEL WITH WELDED
EDGES THICKNESS FROM 45 TO 70 MM**

Внедрена технология автоматической сварки под слоем флюса сборочных единиц из сталей с толщиной свариваемых кромок от 45 до 70 мм комбинированным способом.

Ключевые слова: сварка под флюсом, толстостенные конструкции, корневой шов, продольные швы, кольцевые швы.

Introduced the technology of automatic submerged arc welding assemblies of steel welded edges with thickness from 45 to 70 mm combined method.

Keywords: welding under gumboil, longitudinal product, root seam, longitudinal seams, recirculating seams.

В производство внедрена технология сварки продольных и кольцевых стыковых швов толстостенных конструкций в виде сборочных единиц из стали 09Г2С и стали 20 комбинированным способом, который подразумевает

проведение работ в два этапа. На первом этапе производится проварка корня шва полуавтоматической сваркой в смеси защитных газов, а на втором – окончательное заполнение разделки автоматической сваркой под флюсом.

По результатам выполненной работы* для толщин 45–70 мм выбрана разделка свариваемых кромок, приведенная на рис. 1.

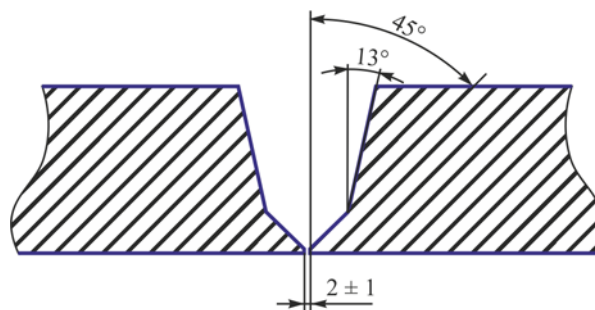


Рис. 1. Разделка кромок под сварку

Приведенная разделка обеспечивает доступность проварки корня шва как ручной аргонодуговой сваркой, так и механизированной сваркой, кроме этого, обеспечивается хорошая отделяемость шлаковой корки. Тем самым исключается возможность появления зашлаковок, что подтверждается результатами рентгенографического и ультразвукового контроля сварных соединений.

В сравнении с разделкой, рекомендуемой ГОСТ 8713–79, приведенная разделка снижает количество проходов и расход присадочных материалов для заполнения. Также отпадает необходимость применения остающихся подкладок, замковых соединений и флюсовых подушек, что значительно упрощает технологию сборки и сварки изделий. Кроме этого, появляется возможность выполнять сварные соединения на изделиях с малым внутренним диаметром, где затруднено применение остающихся подкладок в связи с трудностью удаления их механическим путем после сварки, а также флюсовых подушек. Дополнительно появляется возможность выполнять сварные соединения на изделиях, имеющих несколько швов разного диаметра со стыкуемыми кромками конических и цилиндрических деталей в одной сборочной единице.

При сборке под сварку кольцевых и продольных швов для обеспечения корневого провара устанавливался зазор в пределах 2–3 мм. Сборка производилась на прихватки, выполняемые ручной аргонодуговой или полуавтоматической сваркой. Проварка корня шва (первые 3–4 прохода, рис. 2) выпол-

* Технологические особенности автоматической сварки под слоем флюса кольцевых и продольных швов сборочных единиц из стали с толщиной свариваемых кромок от 4 до 60 мм / Н.А. Кокоулин, А.Ю. Деревянных, М.А. Баяндин, С.Е. Дударев, А.Н. Лялин, В.В. Каратыш // Вестник Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. Машиностроение, материаловедение. – 2012. – Т. 14, № 3. – С. 68–76.

нялась механизированной сваркой в смеси газов (Ar 82% + CO₂ 18 %) сварочной проволокой Св-08Г2С. Для механизированной сварки было использовано оборудование фирмы EWM Phoenix 521 (Германия).

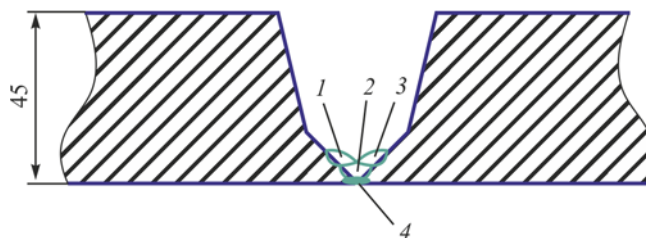


Рис. 2. Проварка корня шва: 1–4 – порядок наложения валиков

Сварку производили на следующих режимах:

- сварочный ток 230–260 А,
- напряжение дуги 28–32 В,
- диаметр проволоки 1,2 мм,
- расход защитного газа 14–18 л/мин.

Применение проварки корня шва в сварном соединении позволило исключить возникновение прожогов при автоматической сварке под флюсом.

Заполнение разделки выполнялось способом автоматической сварки под слоем флюса. Использовался сварочный трактор А2 фирмы ESAB (Швеция), также применялся специализированный стапель, включающий в себя перемещаемую по рельсовому пути рабочую площадку с установленным на ней сварочным трактором (рис. 3).

Данная установка позволяет сваривать продольные швы обечайек длиной до 2 м и кольцевые швы диаметром от 800 до 3000 мм, как с наружной, так и со внутренней стороны. На параллельных рельсовых путях установлены четыре секции саморегулируемых роликоопор (на рис. 3 не показаны), которые позволяют осуществлять сварку кольцевых швов корпусов различной длины. Грузоподъемность одной секции роликоопоры 10 т.

Режимы автоматической сварки проволокой Св-10НМА диаметром 3 мм под флюсом АН-348А приведены ниже:

- сварочный ток 450–500 А,
- напряжение дуги 35–42 В,
- скорость сварки 15–20 м/ч.

При выполнении продольных швов на обечайках применяются технологические выводные планки, выполненные из того же металла, однотипной толщины и разделки кромок, т.е. с которых начинается и которыми заканчивается процесс сварки, причем одна из выводных планок выполняет роль образца-свидетеля (рис. 4). Образец-свидетель предназначен для полного ком-

плекса методов контроля (неразрушающий и разрушающий) на подтверждение механических свойств сваренных сборочных единиц, сваренных с продольными и кольцевыми швами.



Рис. 3. Рабочая площадка с установленным на ней сварочным трактором А2



Рис. 4. Макрошлифы сварных соединений

В соответствии с требованиями конструкторской документации механические характеристики металла шва должны быть следующими:

σ_b , кгс/мм ²	КСУ ₋₆₀ , Дж/см ²	Статический изгиб, град
44	29,4	60

Описанная выше технология позволила обеспечить следующие механические характеристики металла сварного шва (таблица).

**Механические характеристики металла сварных соединений,
выполненных комбинированным способом без подкладки**

Номер образца	σ_b , кгс/мм ²	KCU ₋₆₀ , Дж/см ²	Статический изгиб, град
1	54–56	90	126
		105	129
		118	(выдержали)
2	55–57	95	138
		97	134
		102	(выдержали)
3	49–51	152	137
		123	134
		148	(выдержали)
4	51	131	140
		156	142
		161	(выдержали)
5	50–51	99	143
		104	140
		109	(выдержали)

Из образцов-свидетелей изготавливали шлифы (см. рис. 4). По данным металлографических исследований сварные соединения соответствуют требованиям конструкторской документации.

Приведем результаты замеров твердости:

Область испытания	Основной металл	Металл ЗТВ	Металл шва
Твердость, НВ	170–174	179–183	179–183

Внедренная технология комбинированного способа сварки обеспечила высокое качество сварных соединений по результатам ультразвукового и радиографического контроля. Проведенные гидравлические испытания на прочность $P_{\text{проб}} = 198^{+2}$ кгс/см² в течение 30 мин и выдержка в течение 3 ч при рабочем давлении $P_{\text{раб}} = 120^{+2}$ кгс/см² сборочных единиц подтвердили требуемое качество сварных швов по конструкторской документации.

Получено 15.02.2013

Деревянных Александр Юрьевич – ведущий инженер-технолог, ОАО «Пермский завод "Машиностроитель"» (614014, г. Пермь, ул. Новозвягинская, 57, e-mail: o-610@pzmash.perm.ru).

Кокоулин Николай Александрович – технический руководитель, ОАО «Пермский завод "Машиностроитель"» (614014, г. Пермь, ул. Новозвягинская, 57, e-mail: o-610@pzmash.perm.ru).

Бородулин Андрей Алексеевич – инженер-технолог, ОАО «Пермский завод "Машиностроитель"» (614014, г. Пермь, ул. Новозвягинская, 57, e-mail: o-610@pzmash.perm.ru).

Баяндин Михаил Александрович – главный технолог, зам. главного инженера, ОАО «Пермский завод "Машиностроитель"» (614014, г. Пермь, ул. Новозвягинская, 57, e-mail: o-610@pzmash.perm.ru).

Дударев Сергей Евгеньевич – главный сварщик, ОАО «Пермский завод "Машиностроитель"» (614014, г. Пермь, ул. Новозвягинская, 57, e-mail: o-610@pzmash.perm.ru).

Каратыш Виктор Васильевич – кандидат технических наук, доцент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: vkaratysh@mail.ru).

Derevyannykh Aleksandr Jurevich – the Process Engineer, Mashine Building Plant (614014, Perm, Novozvjaginskaya st., 57, e-mail: o-610@pzmash.perm.ru).

Kokoulin Nikolay Aleksandrovich – The Technical Head, Mashine Building Plant (614014, Perm, Novozvjaginskaya st., 57, e-mail: o-610@pzmash.perm.ru).

Borodulin Andreuy Alekseevich – The Process Engineer, Mashine Building Plant (614014, Perm, Novozvjaginskaya st., 57, e-mail: o-610@pzmash.perm.ru).

Bajandin Mihail Aleksandrovich – the Main Technologist, Mashine Building Plant (614014, Perm, Novozvjaginskaya st., 57, e-mail: o-610@pzmash.perm.ru).

Dudarev Sergey Evgenevich – The Main Welder, Mashine Building Plant (614014, Perm, Novozvjaginskaya st., 57, e-mail: o-610@pzmash.perm.ru).

Karatysh Victor Vasilevich – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomol'sky av., 29, e-mail: vkaratysh@mail.ru).