

Разработка режимов сварки и неразрушающего контроля трубных заготовок паропроводов из стали Р91

Пантелеенко Ф.И., Миньков А.Л., Конг Вонг, Литвинко А.А., Серeda В.Ю.
Белорусский национальный технический университет

Работа выполнена в рамках совместного Белорусско-китайского проекта (договор №Т22КИТГ-031 БРФФИ-БНТУ НИПИ). Сталь Р91 относится к теплоустойчивым экономнолегированным сталям и используется для изготовления паропроводов, с рабочей температурой до 650°C. Сварки трубных заготовок проведена в вертикальном и горизонтальном положении в соответствии с ГОСТ ISO 15609-1-2019.

Таблица 1 - Типоразмеры свариваемых образцов труб из стали Р91

№ п/п	Способ сварки	Тип соединения		Положение при сварке		Размер 1-ой сварив. детали, мм	Размер 2-ой сварив. детали, мм	ТНПА на сварное соединение
		BW	C1 7	PC	гор.			
1	141+ 111	BW	C1 7	PC	гор.	Ø48,5x5,08	Ø48,5x5,08	ГОСТ 16037-80
2	141+ 111	BW	C1 7	PH	верт.	Ø48,5x5,08	Ø48,5x5,08	ГОСТ 16037-80
3	141+ 111	BW	C1 7	PC	гор.	Ø559x14,27	Ø559x14,27	ГОСТ 16037-80
4	141+ 111	BW	C1 7	PH	верт.	Ø559x14,27	Ø559x14,27	ГОСТ 16037-80

В разработанной технологии сварки применяются следующие сварочные материалы:
 - для 141(TIG) способа сварки 1-2 проходов: ОК Tigrod 13.38 ER90S-B9 AWS A5.28;
 - для 111(MMA) способа сварки 3 и последующие проходы используются электроды с основным типом покрытия ОК 76.98 E9015-B9 AWS A5.5



№1



№2

Рисунок 1 - Внешний вид образцов №1 и №2



№3



№4

Рисунок 2 - Внешний вид образцов №3 и №4

Таблица 2 – Технология сварки

№	Параметры сварки	Номер образца			
		1	2	3	4
1	Присадочный материал - 141 способ	OK Tigrod 13.38 ER90S-B9 AWS A5.28			
2	Диаметр и тип неплавящегося электрода	WL-20, Ø2,0мм	WL-20, Ø2,0мм	WL-20, Ø2,0мм	WL-20, Ø2,0мм
3	Марка защитного газа - 141 способ	Аргон 99,99 % СТБ ISO 14175-II			
4	Расход защитного газа	6-10 л/мин	6-10 л/мин	8-12 л/мин	8-12 л/мин
5	Марка и тип электрода - 111 способ	OK 76.98 E9015-B9 AWS A5.5			
6	Диаметр электрода	Ø2,5 мм	Ø2,5 мм	Ø3,2 мм	Ø3,2 мм
7	Способ подготовки и очистки	Механическая	Механическая	Механическая	Механическая
8	Температура предварительного подогрева	200-250°C	200-250°C	250-300°C	250-300°C
9	Термическая обработка	750 – 770 °С выдержка 2 часа			
10	Режимы нагрева и охлаждения	Скорость нагрева не более 200°C/час выдержка 2 часа, скорость охлаждения не менее 100°C/час Охлаждение до 300°C после выдержки при отпуске под слоем теплоизоляции, далее на спокойном воздухе	Скорость нагрева не более 200°C/час выдержка 2 часа, скорость охлаждения не менее 100°C/час Охлаждение до 300°C после выдержки при отпуске под слоем теплоизоляции, далее на спокойном воздухе	Скорость нагрева не более 200°C/час выдержка 2 часа, скорость охлаждения не менее 100°C/час Охлаждение до 300°C после выдержки при отпуске под слоем теплоизоляции, далее на спокойном воздухе	Скорость нагрева не более 200°C/час выдержка 2 часа, скорость охлаждения не менее 100°C/час Охлаждение до 300°C после выдержки при отпуске под слоем теплоизоляции, далее на спокойном воздухе

11	Режим сварки	141: I _{св} =90-110 А, U _д =12-14 В 111: I _{св} =90-120А, U=22-24В	141: I _{св} =90-110 А, U _д =12-14 В 111: I _{св} =90-120А, U=22-24В	141: I _{св} =90-110 А, U _д =12-14 В 111: I _{св} =100-135А, U=22-24В	141: I _{св} =90-110 А, U _д =12-14 В 111: I _{св} =100-135А, U=22-24В
-----------	--------------	--	--	---	---

Для исследования сварных соединений применялись методы, указанные в таблице 4 (уровень качества «В») ГОСТ ISO 5817-2019.

Таблица 4 - Методы испытаний

Метод испытания	ТНПА на метод испытания
Визуально-измерительный	СТБ ЕН 970-2003, СТБ 1133-98, ГОСТ 23479-79
Радиографический	СТБ 1428-2003, СТБ ЕН 1435-2004
Магнитопорошковый	СТБ ISO 17638-2013
Макроскопические	СТБ ЕН 1321-2004
Микроскопические	СТБ ЕН 1321-2004

Неразрушающими методами контроля недопустимых дефектов не обнаружено.

Выводы:

1. В процессе выполнения проекта разработаны инструкции на технологический процесс сварки трубных заготовок Ø 48x5,08 мм и Ø559x14,27 мм в соответствии с ГОСТ ISO 15609-1-2019.
2. Проведена сварка трубных заготовок по разработанной технологии в вертикальном и горизонтальном положениях. Подобраны присадочные материалы.
3. Проведен контроль качества сварных соединений неразрушающими методами контроля: визуально-измерительным, магнитопорошковым и радиографическим методами. Недопустимых дефектов не обнаружено.