

УДК 621.791.011+539.512

Управление структурой и свойствами переходного слоя в сварных соединениях биметаллических труб

Худяков Артем Олегович^{1(*)}

khudyakovao@rn-pd-ufa.rosneft.ru

SPIN-код: 5985-2346

Коробов Юрий Станиславович²

Yukorobov@gmail.com

SPIN-код: 7474-3093

¹ Уфимский филиал ООО «РН-Проектирование Добыча», Уфа, Республика Башкортостан, Россия

² Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, Екатеринбург, Россия

Аннотация. Предложен способ снижения твердости переходного слоя при сварке биметаллических труб путем перераспределения энергии дуги. Разработанная технология обеспечивает нормируемые значения твердости и высокие механические характеристики соединения.

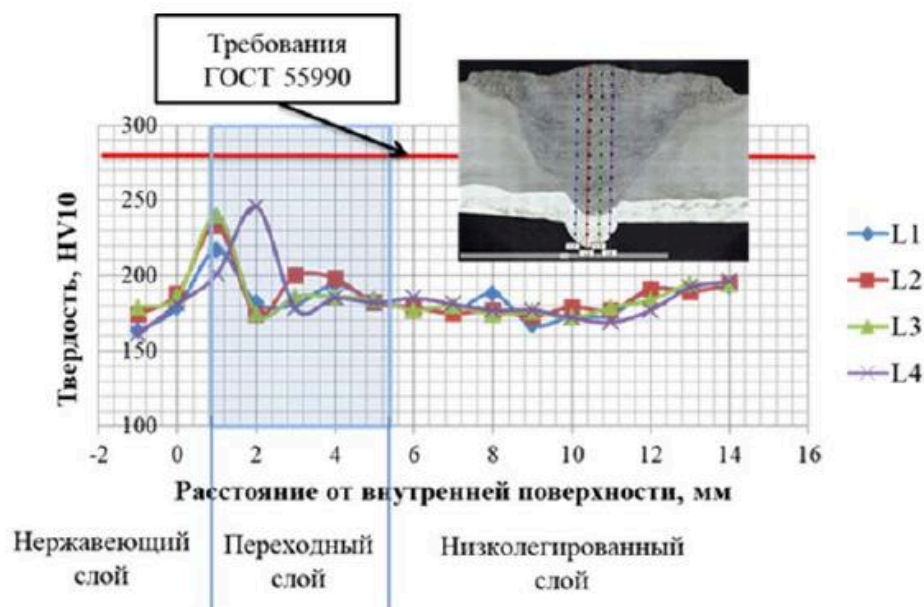
Ключевые слова: биметаллические трубы, односторонняя сварка, переходный слой, твердость, сварочные материалы, дуговая сварка

Введение. Биметаллические трубы обеспечивают коррозионную защиту, однако их односторонняя сварка приводит к образованию хрупкого переходного слоя (ПС) с высокой твердостью (до 500 HV) [1, 2]. Во избежание этого применяют дорогие высоколегированные материалы на весь шов [3]. Цель работы — разработка технологии управления структурой и твердостью ПС для получения нормированных свойств при значительной экономии.

Методы и материалы; результаты. Установлено, что причина высокой твердости ПС — перемешивание расплава высоколегированного корневого валика с низколегированным присадочным металлом, ведущее к образованию мартенситной структуры [4]. Для снижения твердости предложено уменьшить долю переплавленного высоколегированного металла. Этого добились за счет перераспределения эффективной тепловой энергии сварочной дуги путем введения в сварочную ванну дополнительного низколегированного присадочного материала [5]. Данный метод снижает проплавляющую способность дуги и ограничивает попадание хрома и никеля в ПС. Технология апробирована на контрольных сварных соединениях (КСС) труб Ø530×12 мм с плакирующим слоем из стали 316L. Использовались электроды: ЦЛ-11 (корневой слой), LB-52U с дополнительной присадкой (переходный слой), LB-52U (заполнение). Твердость ПС не превышала нормативных 280 HV (см. рисунок). Механические испытания КСС подтвердили высокие прочностные и вязкопластические свойства.

Заключение. Разработан способ управления твердостью переходного слоя за счет перераспределения энергии дуги. Эксперимент подтвердил, что полученные соединения соответствуют нормативам по твердости и имеют высокие механические свойства. Технология позволяет *снизить* затраты на

сварочные материалы в 3–7 раз и может быть применена в нефтегазовой, химической, атомной и других отраслях промышленности, где используются биметаллические конструкции.



Распределение твердости в металле сварного шва биметаллических труб, выполненного по разработанной технологии

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Min Zh., Wei W., Weifang Q., Liqian X. A brief review on welding of stainless steel clad plates: issues and future perspectives. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2021, no. 115, pp. 49–59.
- [2] Ghorbel R., Ktari A., Haddar N. On the Origin of the Local Hardening Zone on Welded Stainless Clad Steel Plates. *Fusion Science and Technology*, 2022, vol. 78, pp. 503–511.
- [3] Ларев П.Н., Малахов А.И., Федотов И.Г., Муратов Р.Ю. Особенности сварки опытно-промышленного участка трубопровода с использованием плакированных труб и отводов. *Сварка и диагностика*, 2023, № 6, с. 55–56.
- [4] Каленская А.В., Корсунов К.А. Изменение геометрии сварного шва при введении в сварочную ванну внутренних стоков тепла и низкочастотных колебаний. *Ресурсосберегающие технологии производства и обработки давлением материалов в машиностроении*, 2021, № 1 (34), с. 97–106.
- [5] Якушин Б.Ф. Разработка научных основ и способов обеспечения технологической прочности сварных соединений крупногабаритных конструкций из сталей и сплавов ограниченной свариваемости. Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Москва, 2000, 31 с.