



ХАРАКТЕР РАЗРУШЕНИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТАЛЕЙ 10X13Г18Д+09Г2С ПРИ ВИБРАЦИОННЫХ НАГРУЗКАХ

А. И. ГЕДРОВИЧ, д-р техн. наук (Восточноукр. гос. ун-т им. В. Даля),
А. Н. ТКАЧЕНКО, С. Н. ТКАЧЕНКО, инженеры (ОАО «ХК «Лугансктепловоз»)),
В. П. ЕЛАГИН, инж. (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Исследованы особенности разрушения сварных соединений аустенитной стали 10X13Г18Д с перлитной сталью 09Г2С при вибрационных нагрузках. Полученные результаты позволили определить механизм влияния технологических факторов при сварке на стойкость таких сварных соединений против образования эксплуатационных трещин.

Ключевые слова: дуговая сварка, разнородные соединения, трещины, вибрационные нагрузки, структурная и механическая неоднородность, зона сплавления, выделение α -фазы, деформационное старение, технология сварки

Важным фактором, влияющим на долговечность, надежность и качество дизель- и электропоездов (рис. 1), является обеспечение прочности кузовов, подверженных переменным нагрузкам и стойкости против атмосферной коррозии. Одно из перспективных направлений решения этих задач на ОАО «ХК «Лугансктепловоз» при изготовлении обшивки каркаса кузова является применение аустенитной стали типа 10X13Г18Д, которая отличается высокой прочностью и коррозионной стойкостью. Это позволяет уменьшить толщину листа обшивки до 1,5 мм, повысить прочность и длину кузова, его пассажироемкость, снизить затраты по окраске при изготовлении и эксплуатации [1]. Однако в процессе ходовых испытаний дизель- и электропоездов были обнаружены трещины в сварных соединениях обшивки кузова из стали 10X13Г18Д с главной рамой из перлитной стали 09Г2С, которые снижают герметичность каркаса и приводят к развитию коррозии на этих участках (рис. 2).

Ранее отмечалось [2–4], что сварные соединения стали 10X13Г18Д со сталью 09Г2С характеризуются развитой структурной, химической и механической неоднородностью в зоне сплавления со стороны как аустенитной, так и перлитной стали. Следствием этого является снижение прочностных и пластических свойств сварных соединений с разрушением при испытании разрывных образцов в зоне сплавления со стороны аустенитной стали 10X13Г18Д. Причиной этого является образование там участков α -фазы.

Представляет интерес исследование особенностей разрушения образцов при переменных нагрузках с параметрами, близкими к нагрузкам обшивки при эксплуатации вагона. Для этого были

изготовлены образцы-имитаторы (рис. 3) сварного соединения обшивки кузова с рамой путем приварки листов из стали 10X13Г18Д, имеющих размеры 1,5×300×300 мм с нахлестом 65 мм, к трубам из стали 09Г2С с прямоугольным поперечным сечением 180×75 мм, толщиной стенки 7 мм и длиной 300 мм. Механизированную дуговую сварку в защитном газе аустенитной проволокой марки Св-08Х20Н9Г7Т диаметром 1,2 мм проводили по технологическим вариантам, приведенным в таблице. Образцы испытывали на специальном стенде для вибрационных испытаний уз-



Рис. 1. Дизель-поезд ДЕЛ-02



Рис. 2. Вид вагона с дефектами сварного шва, возникшими в процессе его эксплуатации



Рис. 3. Испытуемый образец-имитатор соединения обшивки боковой стенки с каркасом главной рамы дизель-поезда

лов железнодорожных вагонов при следующих параметрах: частота колебаний 25 Гц, амплитуда перемещения консоли обшивочного листа 2,0...2,5 мм. После испытаний проводили металлографические и дюрOMETрические исследования зоны разрушения и сравнительную оценку структурной и механической неоднородности металла. Структуру исследовали с помощью светового микроскопа «Неофот-32» после электролитического травления микрошлифов в 5%-м растворе H_2SO_4 . Количество ферритной фазы определяли с помощью ферритометра «Ferritgehaltmesser 1,53''», микротвердость — прибором ПМТ-3А при нагрузках 0,02 и 0,2 кг. Результаты испытаний сварных соединений приведены в таблице.

Наименьшее количество циклов до разрушения имеют соединения варианта сварки № 1 с высокой погонной энергией. Дополнительная обработка этих соединений сварочной дугой в аргоне с неплавящимся электродом с выполнением технологического валика в зоне сплавления шва со сталью 10X13Г18Д предотвратило разрушение образцов (вариант № 2). Повышению усталостной прочности сварных соединений способствовало также снижение погонной энергии при сварке по вариантам № 3 и 4. При этом выполнение технологического валика в зоне сплавления после сварки (вариант № 2) способствует увеличению

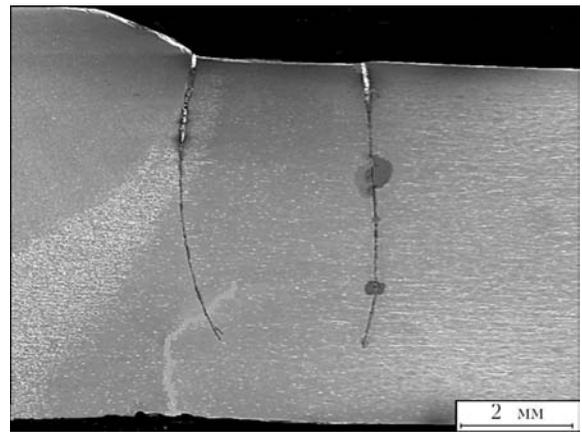


Рис. 4. Макрошлиф сварного соединения с трещинами после испытаний

количества α -фазы, а уменьшение погонной энергии — ее снижению.

Разрушение всех испытанных образцов произошло в зоне сплавления или в ЗТВ со стороны стали 10X13Г18Д (рис. 4). Участок, относящийся к зоне сплавления (участок *a* на рис. 5), характеризуется структурной и механической неоднородностью, что проявляется в выделении в нем δ -феррита и резком снижении твердости (рис. 6). Участок *б* на рис. 5 не имеет δ -феррита, у него меньше неоднородность в распределении твердос-

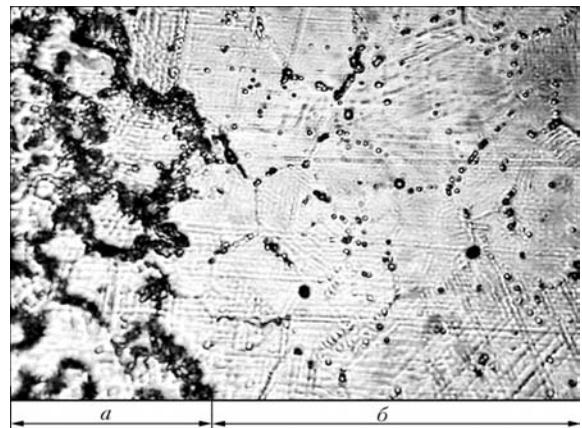


Рис. 5. Микроструктура (X320) участка сплавления *a* и аустенитизации *б* ЗТВ со стороны стали 10X13Г18Д сварного соединения 09Г2С+10X13Г18Д

Варианты технологии и результаты вибрационных испытаний

№ варианта	Технология сварки	Погонная энергия, Дж/см	Магнитная составляющая, об. %	Количество циклов до разрушения образцов-10 ⁻⁷
1	Механизированная сварка в CO_2	3350	2,5...5,0	0,95
2	То же + технологический валик, выполненный дуговой сваркой неплавящимся электродом в аргоне по линии сплавления металла шва со сталью 10X13Г18Д с лицевой стороны шва	3350	0,7...7,0	>1,45 (не разрушился)
3	Автомат. импульсно-дуговая сварка плав. электродом в Ag	1190	0,1...0,5	1,4
4	Автомат. «холодная» сварка (СМТ-процесс) плав. электродом в CO_2	1320	0,1...0,8	1,5



HV 0,2, ГПа

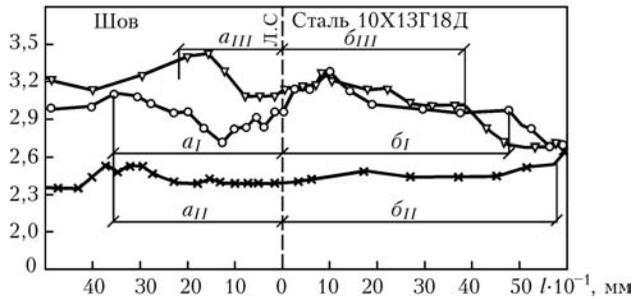


Рис. 6. Распределение твердости в сечении шов–сталь 10X13Г18Д сварных соединений 09Г2С+10X13Г18Д, выполненных по различным технологиям (см. таблицу): I — вариант 1; II — 2; III — 4; *a* — участки с выделениями δ -феррита; *b* — участок аустенитизации

ти, более крупные зерна и худшая травимость структуры по сравнению с участком *a* и основным металлом. Повышенная твердость и наличие полос скольжения, ориентированных под разными углами в пределах каждого зерна, свидетельствуют о локализации там деформации и деформационном упрочнении металла. Это подтверждается снижением микротвердости от 2700...3200 до 2300...2660 МПа при вылеживании сварных соединений, повышении погонной энергии, или повторном нагреве металла в этих зонах при выполнении технологического валика. При снижении погонной энергии ширина участков *a* и *b*, а также разупрочнение участка *a* уменьшаются. После выполнения технологического валика значительно уменьшилась твердость участков *a* и *b* (рис. 6). Это способствовало снижению механической неоднородности, повышению пластических свойств металла и более равномерному распределению деформации в сварном соединении.

Таким образом, повышение усталостной прочности сварных соединений, выполненных при пониженной погонной энергии сварки, обусловлено уменьшением ширины и степени разупрочнения участков со структурной неоднородностью в зоне сплавления шва со сталью 10X13Г18Д, а участков, выполненных с технологическим вали-

ком, — снижением степени механической неоднородности, повышением пластичности металла этих участков и более равномерным распределением деформации.

В заключение следует отметить, что наиболее склонными к образованию трещин в разнородных сварных соединениях обшивки кузова из аустенитной стали 10X13Г18Д и рамы каркаса вагонов из перлитной стали 09Г2С дизель- и электропоездов в процессе их эксплуатации являются зона сплавления шва со сталью 10X13Г18Д и ее ЗТВ.

Причиной образования трещин в зоне сплавления со швом стали 10X13Г18Д в сварных соединениях со сталью 09Г2С при вибрационных нагрузках является образование структурной и механической неоднородности, сопровождаемое разупрочнением и снижением пластических свойств металла под влиянием термомеханического цикла сварки и локализации там пластической деформации, а в ЗТВ — деформационное упрочнение и снижение пластичности металла на участке с крупным зерном.

Снижение удельного тепловложения при сварке или выполнение после сварки технологического валика со стороны зоны сплавления стали 10X13Г18Д способствуют повышению стойкости сварных соединений против разрушений при вибрационных нагрузках.

1. Ткаченко А. Г., Гедрович А. И., Гальцов И. А. Применение метастабильной коррозионностойкой стали 10X13Г18ДУ в качестве обшивки вагонов электро- и дизель поездов // Материалы междунар. конф. «Сварка и родственные технологии — 2002». — Киев: НТК ИЭС им. Е. О. Патона, 22–26 апр. 2002. — С. 56–57.
2. Сварка аустенитной стали 10X13Г18ДУ при изготовлении дизель- и электропоездов на «ХК «Лугансктепловоз» / А. И. Гедрович, И. А. Гальцов, А. Б. Жидков, А. Н. Ткаченко // Сварщик. — 2002. — 28, № 6. — С. 10–11.
3. Особенности формирования структуры и свойств зоны сплавления стали 10X13Г18Д / А. И. Гедрович, А. Н. Ткаченко, С. А. Ткаченко и др. // Автомат. сварка. — 2007. — 648, № 4. — С. 23–27.
4. Гедрович А. Т., Ткаченко А. Н., Ткаченко С. А. Структура и свойства соединения сталей 10X13Г18Д+09Г2С // Там же. — 2006. — 644, № 12. — С. 44–46.

Peculiarities of fracture of welded joints between austenitic steel 10Kh13G18D and pearlitic steel 09G2S under vibration loads were investigated. The investigated results allowed identification of the mechanism of impact by technological factors in welding on service crack resistance of the above joints.

Поступила в редакцию 10.04.2008