

**ПРИНУДИТЕЛЬНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ СВАРНОГО
ШВА И ЗОНЫ ТЕРМИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ ПРИ СВАРКЕ
КАК СПОСОБ МОДИФИКАЦИИ ВИБРОНАГРУЖЕННЫХ
СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ГОРНЫХ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕН-
НЫХ МАШИН**

С.Д. Лещик, В.Е. Жуковский, Р.А. Нощик

УО «Гродненский государственный университет им. Янки Купалы»

Введение. При работе горной и сельскохозяйственной техники неизбежно возникают колебания и вибрации, имеющие различные амплитудно-частотные характеристики, которые воспринимаются элементами конструкции машин, в том числе и сварными соединениями. Такие знакопеременные нагрузки снижают усталостную прочность конструкций вплоть до разрушения. При этом разрушение зачастую происходит в местах сварных соединений. Основным местом возникновения трещин и начала разрушения в сварном соединении является околошовная зона – зона термического влияния [1, 2]. Для улучшения эксплуатационных характеристик сварных соединений, в том числе и стойкости к разрушению под действием знакопеременных нагрузок, применяются: ультразвуковая ударная обработка и пластическое деформирование [3-5], воздействие магнитного поля при сварке и оптимизация теплового режима [6-12]. Целью данной работы явилось исследование влияния принудительного газодинамического охлаждения сварного шва и зоны термического влияния в процессе сварки на стойкость сварного соединения к разрушению при циклических знакопеременных (вибрационных) нагрузках.

Методика и техника экспериментальных исследований. Испытания образцов на сопротивляемость к появлению трещин и разрушению при циклических знакопеременных (вибрационных) нагрузках проводили по следующей схеме. С одной стороны образец закрепляли неподвижно, с другой – крепили в колеблющейся оправке. Частота колебаний составляла 20 Гц, амплитуда – до 5 мм.

Экспериментальные исследования проводили на образцах из стали 08КП размером 150×150×2 мм, полученных свариванием 2-х пластин механизированной односторонней сваркой в среде защитного газа (сварочная смесь) и принудительном охлаждении аргоном либо углекислым газом сформировавшегося сварного шва и зоны термического влияния на установке, описанной в [13, 14]. При получении образцов сварных соединений с принудительным охлаждением шва и зоны термического влияния использовали схему из двух подающих охлаждающий газ сопел, расположенных симметрично по разные стороны шва.

Управляемые параметры эксперимента варьировали на 2-х уровнях (таблица 1).

Таблица 1 – Условия получения экспериментальных образцов

Изменяемый параметр	Номер серии образцов								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Охлаждающий газ	-	Ar	CO ₂	Ar	CO ₂	Ar	CO ₂	Ar	CO ₂
Расход газа, л/мин	-	15	15	20	20	15	15	20	20
Диаметр сопла, мм	-	0,8	0,8	0,8	0,8	2,0	2,0	2,0	2,0

Результаты. Испытания сварных соединений на долговечность при циклических знакопеременных (вибрационных) нагрузках показали, что разрушение всех образцов происходило либо в зоне термического влияния, либо в зоне сплавления. Возможной причиной разрушения является структурная неоднородность материала, которая формируется в процессе сварки в указанных зонах, и приводит к разупрочнению. Кроме того, под влиянием термодформационного цикла сварки снижается пластичность металла, что подтверждается появлением трещин.

Результаты вибрационно-усталостных испытаний серий образцов сварных соединений, согласно таблице 1, на стойкость к разрушению по действием знакопеременных циклических нагрузках приведены на диаграмме, представленной на рисунке 1.

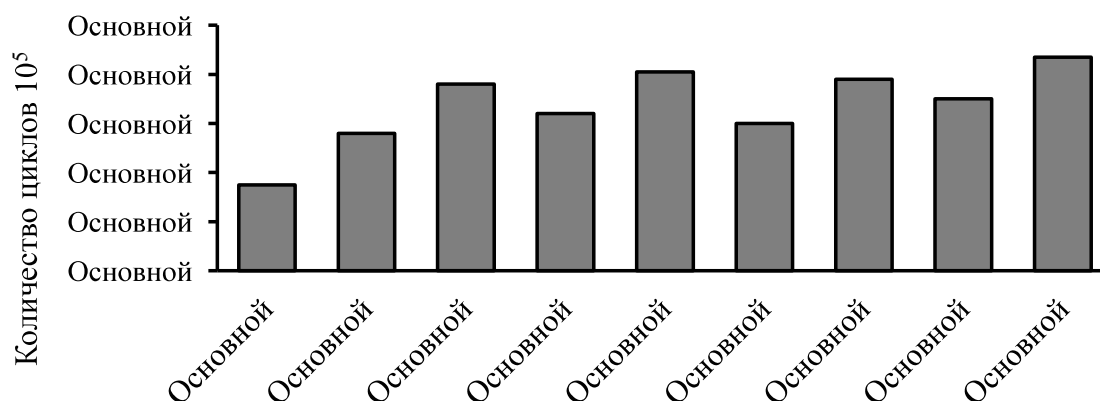


Рисунок 1 – Средние значения числа циклов до разрушения для серий образцов, полученных при различных условиях охлаждения (таблица 1)

По результатам измерений выявлено, что для образцов, полученных сваркой без принудительного охлаждения, значения микротвердости в различных точках сварного шва, зоны сплавления и зоны термического влияния по сравнению с основным металлом имеют существенный разброс, как в большую, так и в меньшую сторону. Эти же сварные соединения имеют наименьшее число циклов до разрушения при вибрационно-усталостных испытаниях (рисунок 1, столбец 1).

Использование струйного воздействия охлаждающей среды на сварной шов и зону термического влияния при использовании сопла диаметром

2 мм и расходе охлаждающего газа 20 л/мин приводит увеличению числа циклов до разрушения в среднем на 30% при охлаждении аргоном (рисунок 1, столбец 8) и на 45% при охлаждении углекислым газом (рисунок 1, столбец 9). При меньшем диаметре сопла и меньшем расходе газа увеличение числа циклов до разрушения образцов колеблется в пределах от 18% до 30 % при использовании аргона и от 18% до 30 % при использовании углекислого газа.

Полученные результаты можно объяснить тем, что применение охлаждения способствует уменьшению ширины зоны термического влияния, сокращает время пребывания металла под воздействием высоких температур, что создает условия для формирования благоприятных с точки зрения повышения прочностных характеристик структур с меньшей степенью перегрева и более мелким размером зерна.

Заключение. Практически реализован способ получения сварных соединений методом механизированной однопроводной электродуговой полуавтоматической сварки в среде защитного газа с принудительным газодинамическим охлаждением области сварного шва и зоны термического влияния аргоном либо углекислым газом в процессе сварки, позволяющий повысить на 30-45% количество циклов до разрушения сварного соединения в при циклических знакопеременных (вибрационных) нагрузок. Установлено, что влияние принудительного охлаждения на долговечность сварного соединения в условиях вибрационного нагружения зависит от рода охлаждающего газа и условий охлаждения.

Список литературы

1. Гедрович, А.И. Характер разрушения сварных соединений сталей 10Х13Г18Д+09Г2С при вибрационных нагрузках / А.И. Гедрович [и др.] // Автоматическая сварка. – 2008. – № 7. – С. 30-32.
2. Кусков, К.В. Усталостные испытания сварных соединений из стали 09Г2С / К.В. Кусков, И.М. Ковенский, С.В. Уйманов // Нефть и газ Западной Сибири: материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 55-летию Тюменского государственного нефтегазового университета, 18-19 мая 2011: Тюменский индустриальный университет. – Тюмень: ТИУ, 2011. – Том III. – С. 40-42.
3. Патон, Б.Е. О повышении несущей способности и долговечности сварных соединений / Б.Е. Патон, В.И. Труфяков // Автоматическая сварка. – 1982. – № 2. – С. 1-6.
4. Белевский, Л. С. Исследование процесса динамического наклепа бойками / Л. С. Белевский, И. В. Белевская, Ю. Ю. Ефимова // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2016. – Т. 14, № 2. – С. 63–68.
5. Панин, В.Е. Влияние ультразвуковой ударной обработки на структуру и сопротивление усталости сварных соединений высокопрочной

стали ВКС-12 / В.Е. Панин [и др.] // Физическая мезомеханика – 2006. – Т. 9. – № 2. – С. 85-96.

6. Размышляев, А. Д. Повышение качества стыковых соединений при дуговой сварке в продольном магнитном поле / А. Д. Размышляев, М. В. Миронова, А. И. Лещенко // Вестник Приазовского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2012. – № 1. – С. 190–196.

7. Рыжов, Р. Н. Влияние импульсных электромагнитных воздействий на формирование и кристаллизацию швов / Р. Н. Рыжов // Автоматическая сварка. – 2007. – № 2. – С. 56–58.

8. Тарасов, Н. М. Применение высокочастотного электромагнитного поля для дозированного переноса капель электродного металла / Н. М. Тарасов, С. С. Капустин // Автоматическая сварка. – 1982. – № 8. – С. 10–12.

9. Савицкий, А.М. Влияние скорости сварки и длительности периодического охлаждения на формирование структуры сварных соединений закаливающихся сталей при дуговой сварке с термоциклированием / А.М. Савицкий, М.М. Савицкий, Д.П. Новикова // Автоматическая сварка. – 2004. – № 8. – С. 41-45.

10. Жизняков, С.Н. Сухой лед – полезный материал при выполнении сварки / С.Н. Жизняков // Автоматическая сварка. – 2014. – № 4. – С. 52-55.

11. Исаков, С. А. Динамическое воздействие высокоскоростной струи охлаждающего газа на зону термического влияния / С. А. Исаков, С. Д. Лещик // Механика машин, механизмов и материалов. – 2019. – № 2(47). – С. 78–84.

12. Способ сварки в защитных газах с принудительным охлаждением шва и зоны термического влияния: пат. 2 232 668 РФ, МПК7 В 23 К 9/16 / С.Н. Власов, И.Е. Лапин, А.В. Савинов, В.И. Лысак, А.Н. Потапов, В.И. Атаманюк; заявитель Волгоградский государственный технический университет. - № 2002129618/02 // Официальный бюллетень - 2004. - № 3. – С. 154.

13. Исаков, С.А. Установка для газодинамического струйного охлаждения зоны термического влияния сварного шва / С.А. Исаков, С.Д. Лещик, Ю. А. Гостик // Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования: V республиканская научно-техническая конференция молодых ученых, Гомель, 12–14 ноября 2018 г. – Гомель, 2018. – С. 11–13.

14. Лещик, С.Д. Разработка конструктивно-технологической схемы установки для получения сварных соединений с использованием струйного воздействия охлаждающей среды на сварной шов и зону термического влияния / Лещик С.Д. [и др.] // Актуальные проблемы науки и техники: материалы I Международной научно-технической конференции, Са-

рапул, 20-22 мая 2021 г.: СПИ (филиал) ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»; под общ ред. Г.В. Миловзорова. – Ижевск: Изд-во УИР ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, 2021. – С. 135-138.