

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

1

DOI: 10.17223/9785946217408/349

**ИССЛЕДОВАНИЕ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ
ТРУБНОЙ СТАЛИ 17Г1С, ПОДВЕРГНУТЫХ ИМПУЛЬСНОЙ
МЕХАНО-ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ**

¹Власов И.В., ¹Смирнова А.С., ²Станкевич Р.В., ²Яковлев А.В.,

¹Почивалов Ю.И., ³Валуев Д.В., ^{1,2}Панин С.В.,

¹*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия*

²*Томский политехнический университет, Томск, Россия*

³*Юргинский технологический институт ТПУ, Юрга, Россия*

Изготовление сложных конструкций, строительство сооружений, сборка машин требуют не только точного проектирования с учетом уровня эксплуатационных нагрузок, но и формирование надёжных прочных соединений элементов конструкций сложной формы, что также должно обеспечивать возможность проведения их неразрушающего контроля в процессе эксплуатации. Преимуществами сварки является невысокая стоимость и трудоёмкость процесса, снижение массы конструкции, герметичность и плотность соединения, возможность автоматизации процесса сварки, возможность сварки толстых профилей и пр. Однако для неразъёмных (сварных) соединений существует значительное количество проблем, связанных, например, с низкой усталостной долговечностью и ударной вязкостью сварного шва и зоны термического влияния (ЗТВ). Это приобретает особую актуальность в условиях низких температур.

Исходная структура основного металла, сформированная в ходе многоступенчатой термообработки или контролируемого горячего проката под требуемые условия эксплуатации, деградирует в результате сильного и неоднородного во времени и пространстве нагрева в процессе сварки. Образовавшиеся структурные макронеоднородности в виде протяженных зон шва и ЗТВ сами по себе являются концентраторами напряжений, а формирующиеся при сварке растягивающие напряжения, вызванные послойной кристаллизацией в многослойных швах [1, 2], существенно снижают прочность неразъёмного соединения. Структура сформированного сварного шва может характеризоваться высокой хрупкостью, а эксплуатация при отрицательных температурах может приводить к снижению ударной вязкости соединения в разы [3, 4].

Одним из распространённых и экономически целесообразных методов модификации структуры сварных соединений является ультразвуковая ударная обработка (УЗО) поверхности. Однако, формирование сжимающих напряжений, способствующих повышению трещиностойкости и предела прочности, а также увеличению износостойкости при сохранение исходного фазового состава металла, происходит лишь в тонком поверхностном слое. Это может обеспечивать повышение срока службы детали/элемента конструкции, однако не раскрывает в полной мере потенциал УЗО, как импульсного высокоэнергетического воздействия, способного при определенных условиях кардинально влиять на структуру металла. Для этого необходимо контролируемым образом повысить глубины и интенсивности деформационного воздействия. Это позволит не только дополнительно увеличить механических свойства сварного соединения, но и обрабатывать детали сложной геометрии с заданным характером распределения сжимающих напряжений, в том числе спроектированные под специфические условия эксплуатации. Кроме того, существенное повышение глубины модифицированного слоя должно оказать влияние на ударную вязкость материала, малочувствительную к поверхностным обработкам.

Прогресс в данном направлении может быть достигнут за счет создания в кристаллической решётке металла возбуждённого состояния путём пропускания высокочастотного импульсного электрического тока в процессе УЗО. Основанная на таком принципе импульсная механо-электрофизическая обработка (ИМЭО) должна стимулировать распространение потоков массопереноса и деформационных дефектов на различных

Секция 7. Сварка, родственные процессы и технологии для создания технических систем ответственного и специального назначения, в том числе для эксплуатации в экстремальных условиях и низких климатических температур Арктики и Крайнего Севера

масштабных уровнях, повышая объём материала, способного изменять структурно-фазовое состояние под действием упругих (ультразвуковых) волн и увеличивая тем самым эффективность протекания процессов при постсварочной обработке.

Целью данной работы было изучение влияния импульсной механо-электрофизической обработки на структуру и ударную вязкость сварного соединения стали 17Г1С.

В результате проведённых металлографических исследований показано, что в процессе ИМЭО основное воздействие концентрируется в поверхностном слое (не более 100 мкм), где наблюдается развитие пластической деформации в ферритных зёрнах. При измерении микротвёрдости в поперечном сечении было выявлено повышение её значения в поверхностном слое на глубине до 500 мкм, как в сварном шве, так и в зоне термического влияния, расположенной на расстоянии 17 мм от центра шва. Снижение микротвёрдости происходит плавно, от максимального значения у самой поверхности (4.0 ± 0.1 ГПа в сварном шве и 1.95 ± 0.1 ГПа в зоне термического влияния), до значений, соответствующих структуре необработанного шва (3.0 ± 0.1 ГПа в теле шва и 1.5 ± 0.1 ГПа в зоне термического влияния) в нижележащих слоях. Это не сопровождается формированием выраженной неоднородности, обуславливающей при нагружении возникновение опасными концентраторов напряжений.

Формирование упрочнённого поверхностного слоя после импульсной механо-электрофизической обработки приводит к некоторому повышению ударной вязкости при комнатной температуре, по сравнению с необработанным швом. Однако при снижении температуры испытаний до -70°C эта разница нивелируется (рис. 1). Причиной такого изменения свойств может служить общее хрупкое разрушение материала шва при низких температурах, когда вклад структурных изменений в поверхностном слое становится минимальным.

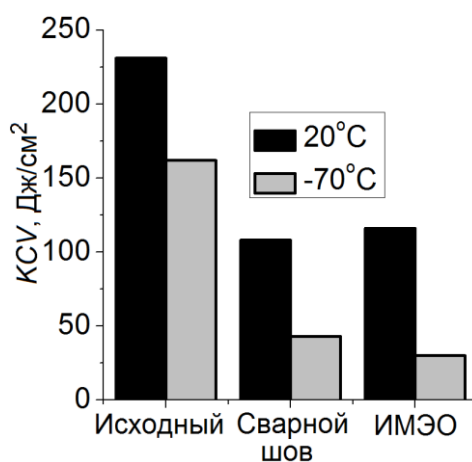


Рис. 1. Диаграмма ударной вязкости стали 17Г1С

Благодарность: Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-38-00679.

Литература

1. Кудрявцев П.И. Остаточные сварочные напряжения и прочность соединений. – М.:Машиностроение, 1964. – 93 с.
2. Трочун И.П. Внутренние усилия и деформации при сварке. – М.: Машгиз, 1964. – 276 с.
3. Копельман Л.А. Основы теории прочности сварных конструкций. – СПб: издательство «Лань». – 2010. – 464 с.
4. Слепцов О.И., Петров П.П. Оценка влияния длительной эксплуатации на механические свойства материала газопроводов в условиях Крайнего Севера // Труды XV Международной научно-технической конференции «Проблемы ресурса и безопасной эксплуатации материалов и конструкций». – СПб: СПбГУНиПТ, 2009. – С. 39-48.