

Полученные данные могут быть использованы в дальнейшем при проектировании металлических конструкций и разработке технологических процессов

Таким образом, получена расчетная модель, описывающая механические процессы в тавровом соединении при сварке. Модель позволяет оперативно и наглядно оценить степень влияния сварочных процессов на напряженно-деформированное состояние конструкции.

Список литературы

1. Кузьминов С.А. Сварочные деформации судовых корпусных конструкций – Л.: Судостроение, 1974г.
2. Николаев Г.А., Куркин С.А., Винокуров В.А. Сварные конструкции. Прочность сварных соединений и деформации конструкций – М.: Высшая школа, 1982.-272с.
3. Бигер И.А. Остаточные напряжения.- М.: Машгиз, 1963.- 233с.
4. Goldak, J. A., Chakravarti, A., Bibby, M.: A New Finite Element Model for Welding Heat Sources. Metallurgical and Materials Transactions B 15(1984), pp. 299-305.

КОНТРОЛЬ МЕТАЛЛА ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ И ПОВРЕЖДЕННЫХ ГНУТЫХ УЧАСТКОВ И СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПАРОПРОВОДОВ

*Н. В. Абабков, к.т.н., доц., А. Н. Смирнов, д.т.н., проф., Е. Е. Левашова, ст. преп.
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева», г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
E-mail: n.ababkov@rambler.ru*

В работе проведено исследование металла эксплуатируемых и поврежденных гнутых участков и сварных соединений паропроводов спектрально-акустическим методом контроля. Исследованы образцы, не имеющие повреждений, образец с коррозионно-усталостной трещиной и образцы с технологическими дефектами типа заката. Построены графические зависимости акустических характеристик от времени наработки. Установлены значения акустических характеристик, соответствующие дефектному состоянию для металла гнутых участков и сварных соединений паропроводов.

Investigation of the metal of exploited and damaged bends of water and steam-removing pipes by the spectral-acoustic control method and by the method of electron microscopy was carried out in the work. A sample without damages, a specimen with a corrosion-fatigue crack and a sample with a technological sun-set type defect were investigated. Graphic dependencies of acoustic characteristics on the time of operating time are constructed. The values of the acoustic characteristics corresponding to the defective state for the metal of the bends of the water and steam-removing pipes have been established.

В процессе эксплуатации элементов технических устройств опасных производственных объектов (ТУОПО) теплоэнергетической промышленности возникает целый ряд проблем, которые могут привести к техногенным катастрофам и человеческим жертвам.

Для таких элементов теплоэнергетической промышленности, как гнутые участки и сварные соединения паропроводов, которые изготовлены из стали 20, характерным является процесс выделения структурно свободного графита [1] в металле сварных соединений и в основном металле. Наиболее часто данное явление происходит на участках труб с наибольшими напряжениями, а именно в металле гнутых участков и сварных соединений паропроводов. При выполнении требований нормативной документации [2, 3] из-за наличия графита в основном металле труб часто приходится сталкиваться с переваркой всех сварных стыков паропровода или заменой всего паропровода. Эта проблема в настоящее время весьма актуальна и относится к паропроводам среднего давления. Несмотря на исключительную опасность активно действующих факторов, происходящих в металле этих паропроводов, обязательные работы по их диагностике не всегда проводятся в необходимых объемах [1, 4, 5, 10].

Поэтому весьма актуальным становится вопрос разработки новых, эффективных технологий, методов и способов оценки работоспособности и восстановления ресурса элементов технических устройств [7, 8, 11]. Для обеспечения безопасной эксплуатации ответственных конструкций все более широкое распространение получает концепция, основанная на «прогнозировании и предупреждении» вместо используемой старой концепции «обнаружение и устранение» [11].

Одним из методов контроля состояния металла сварных соединений, основного металла и выявления несплошностей в настоящее время является спектрально-акустический метод. Ранее авторами [11–14] было установлено, что данный метод контроля является чувствительным методом оценки локальных полей внутренних напряжений и параметров микроструктуры (плотности дислокаций, кривизны-кручения

кристаллической решетки и т.д.). Кроме того, акустические характеристики материалов (скорость распространения упругих волн, затухание и дисперсия, акустический импеданс) имеют связь с механическими свойствами материалов [6, 9]. Это позволяет по акустическим характеристикам материала судить о его механических свойствах. Авторами [11–14] предложены комплексные критерии степени поврежденности металла в относительных единицах.

Таким образом, цель настоящей работы заключалась в исследовании металла эксплуатируемых и поврежденных гнутых участков и сварных соединений паропроводов спектрально-акустическим методом контроля и установлении значений акустических характеристик, соответствующих дефектному состоянию исследованного металла.

Методики и материалы исследований

Объектом исследований являлся металл гнутых участков и сварных соединений паропроводов паровых котлов типа ТП-87-1, которые эксплуатируются на Ново-Кемеровской ТЭЦ (г. Кемерово) (табл. 1).

Исследование металла гнутых участков и сварных соединений паропроводов спектрально-акустическим методом проводилось при помощи измерительно-вычислительного комплекса «АСТРОН» с частотой датчика поверхностных акустических волн 6 МГц. Были проведены измерения времени задержки (R , нс) и отношения размахов импульсов поверхностной акустической волны (коэффициент затухания – $K_{зат}$, 1/мкс), распространяющихся в материале исследуемого объекта. Для этого были подготовлены зоны контроля, на поверхности образцов. После этого были сделаны замеры параметров R и $K_{зат}$, с продольным расположением датчика относительно центральной оси гнутого участка паропровода.

Таблица 1

Общие характеристики образцов металла гнутых участков и сварных соединений паропроводов

№ образца	Описание образца	Изображение
Образец №1	Дефекты отсутствуют. Наробotka 242 тыс. ч.	
Образец №2	Дефект: технологический закат, в виде отслоения, на наружной поверхности растянутой зоны, с протяженностью дефекта $L \approx 20$ мм. Наробotka 242 тыс.ч.	
Образец №3	Дефект: технологический закат, на наружной поверхности нейтральной зоны, с протяженностью дефекта $L \approx 400$ мм. Наробotka 242 тыс.ч.	
Образец №4	Прямой участок. Дефекты отсутствуют. Наробotka 0 тыс.ч.	

Секция 1: Инновационные технологии получения и контроля неразъемных соединений в машиностроении

№ образца	Описание образца	Изображение
Образец №5	Прямой участок. Дефекты отсутствуют. Сварное соединение. Нароботка 219 тыс.ч.	
Образец №6	Растянутая зона. Дефекты отсутствуют. Нароботка 219 тыс.ч.	
Образец №7	Дефект: коррозионно-усталостная трещина, развившаяся по технологической риске на внутренней поверхности нейтральной зоны. Сварное соединение. Нароботка 219 тыс. часов	

Результаты исследований и их обсуждение

Химический состав исследуемой стали, соответствующий ГОСТ 1050-88, приведен в табл. 2.

Таблица 2

Химический состав (масс. %) стали 20

Массовая доля элементов, %							
C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
0,17-0,24	0,17-0,37	0,35-0,65	до 0,25	до 0,3	до 0,3	до 0,04	до 0,035

Результаты измерения акустических характеристик (табл. 3) показали, что для образцов №2, №3 и №7, имеющих дефекты, характерны более высокие значения R и $K_{зат}$, чем для образцов №1, №4, №5, №6. Так как в образцах №1, №4, №5 и №6 нет дефектов, то средние значения R и $K_{зат}$ для этих образцов ниже и не имеют ярко выраженных пиковых значений. Наименьшие значения R и $K_{зат}$ зарегистрированы для образца №4 (металл без эксплуатации).

Таблица 3

Результаты измерения акустических характеристик (R , $K_{зат}$) в металле гнутых участков и сварных соединений паропроводов после наработки без дефектов и с дефектами

№ образца	Среднее значение R , нс	Среднее значение $K_{зат}$, 1/мкс
1	5178	0,209
2	5195	0,229
3	5203	0,264
4	5140	0,205
5	5173	0,245
6	5188	0,248
7	5210	0,296

По результатам измерений, были построены графики распределения R для всех образцов металла гнутых участков и сварных соединений паропроводов (рис. 1).

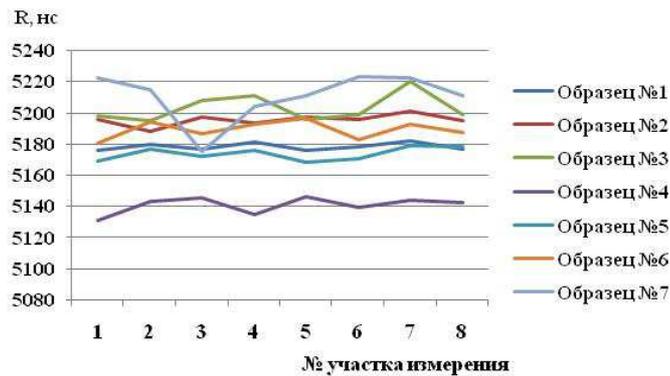


Рис. 1. Распределение времени задержки ПАВ по поверхности образцов гнутых участков и сварных соединений паропроводов

Для всех исследованных образцов выполнен расчет комплексного критерия предельного состояния длительно работающего металла [5, 6], который определяется по формуле:

$$K_f = \frac{W_\tau - W_0}{W_f - W_0} \cdot \frac{W_f}{W_\tau} \cdot \gamma \quad (1)$$

где γ – коэффициент, учитывающий материал контролируемого элемента, $\gamma = 1,0-1,1$; W_τ – время задержки ПАВ в металле в момент контроля; W_0 – время задержки ПАВ в металле с исходным состоянием структуры и W_f – время задержки ПАВ в металле, исчерпавшем свой ресурс работоспособности.

Комплексный критерий предельного состояния, выраженный в относительных единицах, позволяет судить о количественной величине поврежденности и прекращать эксплуатацию ТУОПО для замены контролируемого элемента, исходя из соотношения $K_f \geq 0,7$.

Для образца №1 $K_f = 0,589$; для образца №2 $K_f = 0,85$; для образца №3 $K_f = 0,97$; для образца №4 $K_f = 0$; для образца №5 $K_f = 0,512$; для образца №6 $K_f = 0,742$; для образца №7 $K_f = 1,08$.

Таким образом, без проведения ремонтно-восстановительных работ могут эксплуатироваться образцы №1, №4 и №5, для образцов №2, №3, №6 и №7 необходимо проведение ремонтно-восстановительных работ.

5. Выполнены исследования образцов металла эксплуатируемых и поврежденных гнутых участков и сварных соединений паропроводов с наработкой 214 тыс. часов и 242 тыс. часов спектрально-акустическим методом контроля.
6. Результаты измерения акустических показали, что для образцов, имеющих дефекты, характерны более высокие значения R и $K_{зат}$, чем для образцов без дефектов. Наименьшие значения R и $K_{зат}$ зарегистрированы для образца металла без эксплуатации. Построены графические зависимости акустических характеристик от времени наработки. Установлены значения акустических характеристик, соответствующие дефектному состоянию для металла гнутых участков и сварных соединений паропроводов, изготовленных из стали 20.
7. Выполнен расчет комплексного критерия предельного состояния для всех исследованных образцов и в соответствии с которым без проведения ремонтно-восстановительных работ могут эксплуатироваться образцы №1, №4 и №5, а для образцов №2, №3, №6 и №7 необходимо проведение ремонтно-восстановительных работ.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ, соглашение №14-19-00724-П и гранта Президента РФ для поддержки молодых кандидатов наук, МК-1341.2017.8.

Список литературы

1. Шкляров, М. И. Некоторые особенности выделения структурно свободного графита в сварных соединениях паропроводов из углеродистой стали / М. И. Шкляров В. Н. Осмаков, Г. М. Едачев // Теплоэнергетика. – 1999. – № 5. – С. 21–26.

2. РД 34.17.421-92. Типовая инструкция по контролю и продлению срока службы металла основных элементов котлов, турбин и трубопроводов тепловых электростанций.
3. СТО-021-21-21-2003. Основные элементы котлов, турбин и трубопроводов тепловых электрических станций. Контроль состояния металла. Нормы и требования.
4. Махутов, Н. А. Сопоставительная оценка нормативного и основанного на управлении риском подходов к оценке защищенности сложных технических систем / Н.А. Махутов, Д. О. Резников // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2011. – № 6. – С. 92–98.
5. Бутусов, Д. С. Мониторинг и управление напряженно-деформированным состоянием технологических трубопроводов компрессорных станций как средства снижения уровня риска аварии от дефектов, вызванных коррозионным растрескиванием под напряжением / Д.С. Бутусов, Д.Г.Репин, С.Л.Перов и др. // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2013. – № 3 (93). – С. 88–97.
6. Осипов, К. О. комплексный контроль напряженно-деформированного состояния крупногабаритных металлоконструкций на основе акустико-эмиссионного и магнитного методов неразрушающего контроля / К. О. Осипов, Т.Р.Загидулин, Р.В.Загидулин // Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции "Реальность – сумма информационных технологий". – 2015. – С. 125–129.
7. Загидулин, Т. Р. Исследование и разработка метода локального магнитного контроля напряженно-деформированного состояния металла элементов корпусного оборудования и металлоконструкций / диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Научно-исследовательский институт интроскопии МНПО "СПЕКТР". Rus, 2015. – 134 с.
8. Загидулин, Р. В. Экспериментальное исследование согласованного, плоского, напряженно-деформированного состояния металла образцов стальной трубы по магнитным диагностическим параметрам / Р.В.Загидулин, Т.Р. Загидулин, А.Ф. Аминев и др. // Нефтегазовое дело. – 2016. – Т. 14. № 4. – С. 142–150.
9. Муравьев, В. В. Контроль остаточных напряжений в бандажах локомотивных колес методом акустопругости / В. В. Муравьев, Л. В. Волкова, Е. Н. Балобанов // Дефектоскопия, 2013. – №7. – С. 22–28.
10. Махутов, Н. А. Техническая диагностика остаточного ресурса и безопасности / Н.А. Махутов, М.М. Гаденин. – М.: Спектр, 2011.– 185 с.
11. Смирнов, А. Н. Анализ проблем, связанных с безопасной эксплуатацией элементов энергетического машиностроения / А. Н. Смирнов, Н. В. Абабков // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2010. – № 2. – С. 12–17.
12. Смирнов, А. Н. Структурно-фазовое состояние, поля внутренних напряжений и акустические характеристики в длительно работающем металле поврежденного барабана котла высокого давления / А. Н. Смирнов, Н. В. Абабков, Э.В. Козлов и др. // Контроль. Диагностика. – 2012. – №7. – С. 13–17.
13. Смирнов, А. Н., Хапонен, Н.А. Способ неразрушающего контроля степени поврежденности металлов эксплуатируемых элементов теплоэнергетического оборудования. Патент РФ, №2231057. 2004.
14. Смирнов, А. Н. Разрушение и диагностика металлов / А.Н. Смирнов, В.В.Муравьев, Н.В.Абабков. – Москва-Кемерово: Инновационное машиностроение. 2016. – 479 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Н.В. Павлов, мастер производственного обучения,
Ю.А. Безменов, мастер производственного обучения,
Р.С. Запысов, преподаватель*

*ГПОУ «Юргинский техникум машиностроения и информационных технологий»
652050, г. Юрга ул. Ленинградская д.10, тел. (38451)4-18-45
E-mail: pavlin123@rambler.ru*

Данная работа посвящена оптимизации параметров режима плазменной резки конструкционных материалов по состоянию поверхности реза и количеству и величине грата на нижней кромке. В качестве изменяемых параметров для оптимизации процесса плазменной резки были выбраны величина тока и скорость резки.

Развитие современной промышленности неотъемлемо связано с увеличением объема использования металлического материала, требования к которым, по технологичности, прочности и экономичности, неуклонно возрастают.