

## Список литературы

1. Кудря А.В., Соколовская Э.А. // Известия РАН. Сер. Физическая. 2004. Т. 68. № 10. С. 1495 - 1502.
2. Кудря А.В. // МиТОМ. 2005. № 5. С. 18-23.
3. Штремель М.А. «Научные школы Московского государственного института стали и сплавов (технологического университета). 75 лет. Становление и развитие». М.: МИСиС. 1997. С. 392 – 397.
4. Физические величины: Справочник. / А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский и др. Под ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. М.: Энергоатомиздат. 1991. 1232 с.
5. Штремель М.А. // МиТОМ. 2005. № 5. С. 35-43.
6. Казаков А.А., Киселев Д.В., Андреева С.В., Мясников А.А., Головин С.В. // Черные металлы. 2007. Июль-август. С. 24-31.
7. Казаков А. А., Киселев Д. В., Андреева С. В., Чигинцев Л. С., Головин С. В., Егоров В. А., Марков С. И. // Черные металлы. 2007. Июль-август. С. 31 - 37.
8. Кудря А.В., Соколовская Э.А., Сухова В.Г., Марков Е.А., Арсенкин А.М., Салихов Т.Ш. // МиТОМ. 2009. № 5. С. 60-67.
9. Кудря А.В., Соколовская Э.А., Салихов Т.Ш., Кудрявцев Д.В., Скородумов С.В. // Известия Вузов. Черная металлургия. - 2009. - № 5. - С. 41-44.
10. Штремель М.А., Фадеев Ю.И., Максимова О.В., Чернуха Л.Г., Анисимова Н.И. // Заводская лаборатория. 1987. №7. С.23 - 28.
11. Кудря А.В., Соколовская Э.А., Арсенкин А.М. // ДиРМ. 2010. № 1. С. 38-44.
12. Кудря А.В., Сухова В.Г. 48-я конференция «Актуальные проблемы прочности». Труды конференции. Тольятти. 2009. С. 252 - 255.

## НОВЫЕ ПОДХОДЫ К АКУСТИКО-ЭМИССИОННОМУ ДИАГНОСТИРОВАНИЮ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Савельев В. Н., Нагинаев К. Е.\*, Савельев Д. В.\*\*, Тишкин А. П.\*\*

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, г. Санкт-Петербург, Россия,  
[savelyev@pradicom.ru](mailto:savelyev@pradicom.ru)

\* ДОО «Оргэнергогаз», г.Москва, Россия, [naginaev@oeg.gazprom.ru](mailto:naginaev@oeg.gazprom.ru)  
ООО «Прадиком», г. Санкт-Петербург, Россия, [info@pradicom.ru](mailto:info@pradicom.ru)

Для определения реального технического состояния и выявления развивающихся при эксплуатационных нагрузках дефектов типа трещин в настоящее время широко применяется метод акустической эмиссии (АЭ). Данным методом в производственных объектах надежно выявляются наиболее часто встречающиеся причины макроразрушения конструкций - усталостное разрушение стали и коррозионное растрескивание под напряжением (КРН).

Метод АЭ дает наиболее достоверную информацию о развитии (степени опасности) дефектов в металле узлов и деталей технологического оборудования, поскольку даже наличие крупных дефектов, “заложенных” при изготовлении или монтаже оборудования не является в общем случае основанием для выбраковки изделий после их эксплуатации в течение длительного срока (зачастую более 20-30 лет). Поэтому задача исследования, выявления и оценки степени опасности различных дефектов является актуальной не только с научной, но и с технической точки зрения.

Проведены исследования процесса разрушения конструкционных сталей, которые проводились в два этапа – на полномасштабных модельных образцах и на промышленных объектах, изготовленных из аналогичных по составу сталей.

Была получена связь размеров микротрещин с амплитудой сигналов АЭ в виде степенного уравнения с показателем степени равным 1,5 ( $A^2=BL^3$ ) [1]. Эта функциональная зависимость между размером микротрещины и амплитудой генерируемого ею

сигнала позволяет определять размеры образующихся микротрещин и по ним судить о характере разрушения.

Изучались закономерности наиболее часто встречающихся причин макро-разрушения конструкций - усталостное разрушение стали и коррозионное растрескивание под напряжением (КРН). [2, 3]

Создана многоканальная автоматизированная система диагностирования акустико-эмиссионная (СДАЭ), предназначенная для оперативного контроля за процессом трещинообразования в трубопроводах, сосудах давления, аппаратах воздушного охлаждения (АВО) и их элементах, путем регистрации, обработки и хранения АЭ информации о развивающихся дефектах в них при проведении пневмо,- гидроиспытаний и в процессе эксплуатации оборудования.

Разработано несколько методик по АЭ контролю различных объектов, поднадзорных Ростехнадзору, которые прошли согласование в надлежащем порядке.

Для оценки технического состояния производственных объектов была разработана новая схема применения АЭ диагностирования при пневмоиспытаниях в эксплуатационном режиме при давлениях не превышающих рабочие значения, без проведения гидроиспытаний (пневмоиспытаний). Для этого разработана программа по АЭ контролю объектов, поднадзорных Ростехнадзору РФ, которая прошла согласование в надлежащем порядке [5].

В настоящее время вступил в действие СТО ЛУКОЙЛ 1.11-2009 [6], который предусматривает возможность проведения АЭ контроля на действующем оборудовании предприятий компании рабочей средой в рамках экспертизы промышленной безопасности технических устройств при согласовании специально разработанных программ в органах государственного надзора.

Такие специальные программы были разработаны, согласованы Ростехнадзором, и на ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез» было проведено обследование методом АЭ в эксплуатационном режиме 4-х адсорберов УХПВ Тит.517 комплекса глубокой переработки нефти (КГПН) в 2007г., 24 ед. технологического оборудования на производстве компонентов топлив (ПКТ), 47 аппаратов на КГПН, 4 реакторов коксования на установке 21-10/3М в 2008 г., 9 аппаратов и технологических трубопроводов установки 24-6 ПКТ в 2009г, 129 аппаратов производства глубокой переработки нефти в 2010г.

Всего в период с 1998 года по 2009 год в ОАО «Газпром» и на нефтеперерабатывающих предприятиях было обследовано более 2700 аппаратов воздушного охлаждения (АВО). В 5-и АВО выявлены критически активные источники АЭ (подтверждены УЗД и УЗТ как недопустимые дефекты), аппараты выведены из эксплуатации. В сосудах, работающих под давлением, (обследовано 2600) выявлены методом АЭ недопустимые дефекты в 5. Аппараты с недопустимыми дефектами необходимо было заменить или произвести ремонт. Три сосуда заменили, а два аппарата после ремонта обнаруженных дефектов снова введены в работу.

Наряду с выявленными недопустимыми дефектами в опасных производственных объектах метод АЭ позволил продлить срок службы 28 сосудов, работающих под давлением, которые были забракованы методами ВИК, УЗД, УЗТ, на КС ОАО «Газпром» (1998-2009 г.г.).

### **Список литературы**

1. Нефедьев Е.Ю., Волков В.А., Кудряшов С.В., Ляшков А.И., Савельев В.Н. Связь размеров микротрещин с параметрами акустической эмиссии и структурой деформированной роторной стали.-Дефектоскопия, 1986, № 3, с.41-44.
2. Нефедьев Е.Ю., Волков В.А., Ляшков А.И., Савельев В.Н. Контроль роста усталостной трещины в литой стали методом акустической эмиссии.-Проблемы прочности, 1987, № 1, с.41-44.

3. Башкарев А.Я., Нефедьев Е.Ю., Олексеичук В.Р., Савельев В.Н., Сивоконь В.Н. Субочев А.И., Судаков А.В. Комплексное обследование образца магистрального трубопровода с дефектами коррозионного растрескивания под напряжением при стендовых испытаниях. Доклады 11-ой Международной деловой встречи “Диагностика-2001”, Тунис, апрель, 2001г., стр.63-71.
4. Савельев В.Н., Арчаков Ю.И., Башенко А.Р., Бессонный А.Н. Опыт применения метода акустической эмиссии при освидетельствовании и диагностировании оборудования НПЗ. Доклад на совещании главных механиков нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий, г.Кириши, Ленинградская обл., 14-17 ноября, 2000 г.
5. Программа по проведению акустико-эмиссионного контроля 102-х аппаратов производства глубокой переработки нефти на ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез», согласована письмом Ростехнадзора от 27.04.20010г. № 13/622 3401.
6. СТО ЛУКОЙЛ 1.11-2009. Контроль акустико-эмиссионный. Правила применения и повышение эффективности применения метода для контроля технического состояния оборудования и трубопроводов в организациях нефте- и газопереработки Группы «ЛУКОЙЛ».

## **ПРИМЕНЕНИЕ МОЩНЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН В ПРОЦЕССЕ НОРМАЛИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ**

**Кукин С. Ф.<sup>1</sup>, Константинов В. М.<sup>2</sup>, Стрижевская Т. Н.<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>РУП «МТЗ», <sup>2</sup>БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь  
[tatiana\\_4401@mail.ru](mailto:tatiana_4401@mail.ru)*

При ультразвуковой обработке в ряде случаев оказывается возможным получение ряда эффектов, не достижимых при обычной термической обработке (например, уменьшение внутренних напряжений без применения разупрочняющего нагрева, деформационное изменение структуры и свойств материала без изменения размеров тела). Наряду с повышением качества металлов и сплавов под действием ультразвука в ряде случаев происходит значительное сокращение длительности цикла термической обработки. Ультразвуковое воздействие может существенно увеличить скорость само- и гетеродиффузии и тем самым ускорить процессы растворения и выделения фаз на различных этапах термической обработки.

Под действием ультразвуковых колебаний в структуре металлов и сплавов происходят необратимые процессы образования вакансий и микропор, сохраняющихся при последующей термической обработке и оказывающих влияние на механизмы и кинетику развивающихся при этом структурных превращений.

Изучение влияния ультразвуковых колебаний на структуру и свойства металлов и сплавов представляет большой интерес при разработке прогрессивных методов термической обработки. Несмотря на значительное число работ, посвященных влиянию ультразвука на металлы, к настоящему времени еще не выработана единая точка зрения на природу наблюдаемых явлений.

Целью настоящего исследования являлось исследование изменения механических свойств и структурных изменений в широко применяемой в промышленности стали 40Х, обработанной по режиму – предварительная ультразвуковая обработка + нормализация.

Совместно с РУП «МТЗ» проведено исследование по ускорению диффузионных процессов с применением ультразвукового воздействия в процессе термической обработки. Ультразвуковую обработку проводили с использованием магнитострикционного преобразователя. Образец помещали между торцами возбуждающего и отражающего волноводов, рассчитанных в резонансе с колебательной системой преобразователя. Озвученные образцы подвергали нормализации. Другую часть образцов подвергали нормализации без предварительного озвучивания.