

УДК 620.169.1

ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫХ СИГНАЛОВ, ГЕНЕРИРУЕМЫХ РОСТОМ ТРЕЩИНЫ ПРИ ИСПЫТАНИИ СТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ НА ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ

Артем Валерьевич Плотников

Студент 4 курса

кафедра «Материаловедение»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: А.А. Сорокин

кандидат технических наук, доцент кафедры «Материаловедение»

Вердикт о продлении срока службы установки выносится на основании результатов диагностики. Анализ литературы показывает, что традиционные методы диагностики не учитывают особенности процессов замедленного и квазихрупкого разрушения, так как не позволяют контролировать рост скрытых дефектов [1].

Данный факт, указывает на необходимость внедрения в методики технического диагностирования методов неразрушающего контроля, которые будут способствовать более точному определению остаточного ресурса конструкции и предупреждению аварийных ситуаций, связанных с развитием скрытых дефектов.

Одним из перспективных методов неразрушающего контроля является метод акустической эмиссии, основанный на явлении регистрации упругих колебаний при различных процессах, таких как деформация, истечение технологической среды и т.д.

Метод акустической эмиссии особенно чувствителен к трещинам на стадии зарождения, их обнаружение становится возможным в глубине материала конструкции и на скрытых поверхностях без особых требований по их чистоте и форме.

Однако применение метода акустической эмиссии ограничено недостаточным количеством экспериментальных данных о закономерностях изменения сигналов в материалах и недостатками методик применения акустико-эмиссионного контроля.

Данная работа направлена на изучение сигналов АЭ, генерируемых ростом трещины при испытании образцов на трещиностойкость. Результатом таких испытаний является комплекс характеристик трещиностойкости, являющийся базой для разработки методик технического диагностирования конструкций, в частности баллонов высокого давления, изготавливаемых по ГОСТ 949-73 [2].

Перед испытаниями прямоугольные образцы из нормализованной стали 30ХГСА толщиной 4 мм, с V-образным надрезом и усталостной трещиной подготавливаются к испытанию на внецентренное и осевое растяжение по ГОСТ 25.506-85 (образцы типа III и IV) [3]. Для сравнения характеристик трещиностойкости некоторые образцы подвергаются нанесению сварного шва, а также закалке и отпуску по следующим режимам:

- 1) закалка (температура (Т) = 860...880 °С, время выдержки (τ) = 15 мин, закалочная среда – масло) + низкий отпуск (Т = 120...250 °С, τ = 2...3 ч, среда - масло);
- 2) закалка (Т = 860...880 °С, τ = 15 мин, среда – масло) + средний отпуск (Т = 350...450 °С, τ = 2...3 ч, среда – масло) [4].

Нагрев проводили в печи СНОЛ-1,6,2,5.1/11-ИЗ, масло для охлаждения И-20.

До начала испытаний проводится измерение скорости распространения волн в материале, их затухание, выравнивается чувствительность приёмных каналов. При

оценке чувствительности использовался имитатор HSU-NIELSONA (излом стержня карандаша диаметром 0,3 мм, твердостью 2Н с углом наклона стержня приблизительно 30° к поверхности, выдвинутого на 2,5 мм).

При испытаниях на трещиностойкость применялась разрывная машина AI-7000-LAU10, оснащённая контрольно-измерительным прибором регистрации величины нагрузки и деформации. Характеристики трещиностойкости определялись путём нагружения образцов в нормальных условиях до момента разрушения с одновременной регистрацией диаграммы «P-v» (нагрузка, прикладываемая к образцу – раскрытие берегов трещины). Значение коэффициентов интенсивности напряжений определялось из полученных графиков по ГОСТ 25.506-85. Метод акустической эмиссии проводился на системе «Малахит АС-14А» по ГОСТ 52727-2007 [5].

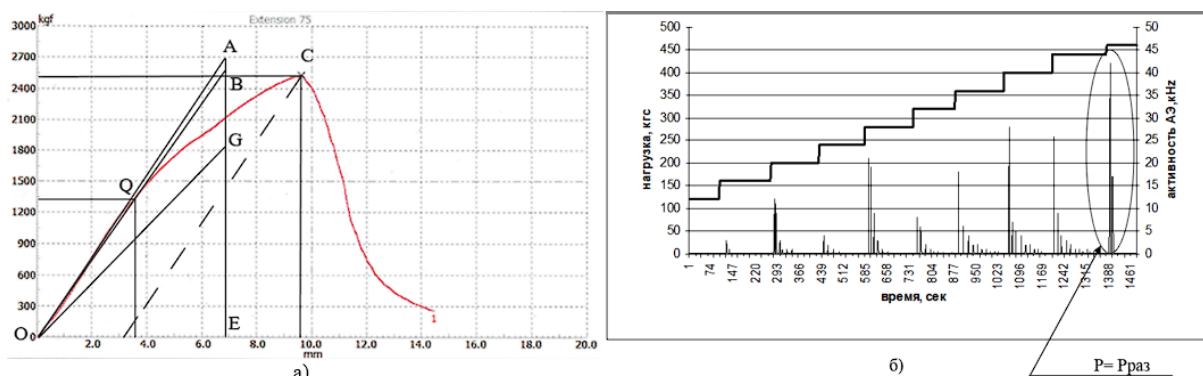


Рис. 1. Результаты испытаний: а) диаграмма «P-v» образца №5; б) метод акустической эмиссии

Таблица 1. Значения коэффициентов интенсивности напряжений образцов

№ образца	Описание образца	K_Q , МПа·м ^(1/2)	K_{C^*} , МПа·м ^(1/2)
1	50x50, закалка + низкий отпуск	218,142	425,686
2	50x50, сварной шов	203,048	289,722
3	50x50	195,179	275,547
4	50x50	181,478	334,796
5	50x50	159,369	304,305
6	50x50	60,139	170,796
7	50x100	115,915	172,386
8	50x100	143,554	215,331
9	50x100 (закалка + средний отпуск)	>162,864	>238,884

Результаты испытаний зафиксировали закономерное повышение трещиностойкости при повышении прочности материала и достаточно высокий уровень трещиностойкости сварных соединений. По виду излома можно определить, что разрушение является вязким в образцах в нормализованном состоянии и образцах со швом и хрупким в закалённых образцах. Трещина в хрупких образцах растёт практически мгновенно.

Анализ результатов метода акустической эмиссии показывает, что закономерность изменения сигналов акустической эмиссии при статическом нагружении представляет из себя совокупность «скачков» и «остановок».

В начале нагружения были зарегистрированы отдельные дискретные сигналы, вероятно связанные с трением берегов усталостной трещины и пластической деформацией в вершине трещины.

По мере увеличения нагрузки регистрировались серии сигналов со скоростью счёта ($N = 3,1...8,39$) и длительностью ($t = 6...10$ с), которые могут быть

интерпретированы, как сигналы акустической эмиссии связанные с ростом трещины. Далее снова наблюдались дискретные сигналы, по всей видимости, связанные с развитием пластической деформации в вершине трещины. После этого наблюдалась акустическая эмиссия непрерывного типа с высокой величиной счёта, указывающая на продвижение фронта трещины.

Долом образца сопровождался акустической эмиссией дискретного типа различной величины, показывающий, скорее всего, на разрыв под действием напряжений сдвига.

Хрупкое разрушение закалённых образцов накладывает ограничение на применение метода акустико-эмиссионного контроля, т.к. для гарантированного обнаружения дефектов конструкции необходима продолжительная генерации сигналов во времени [6].

Таким образом, в ходе проделанной работы был произведён анализ методик технического диагностирования материалов и конструкций на различных стадиях разрушения, выделены основные этапы развития трещины и приведены их обозначения на акустограммах. А также исследовано влияние сварного шва и термической обработки на трещиностойкость стали 30ХГСА и сигналы акустической эмиссии, вызванные ростом трещины при испытании на растяжение, обозначены препятствия для применения метода акустической эмиссии.

Литература

1. Гневко А.И. Основы технического диагностирования объектов военной техники: учеб. пособие. – М.: ВА РВСН им. Петра Великого, 2013. – 319 с.
2. ГОСТ 949-73. Баллоны стальные малого и среднего объема для газов на $P_p < 19,6$ МПа (200 кгс/см^2). Технические условия. Введ. 1975-01-01. М.: Стандартиформ, 2008. – 19 с.
3. ГОСТ 25.506-85. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении. Введ. 1986-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 38 с.
4. Сорокин В.Г., Волосникова А.В., Вяткин С.А. и др. Марочник сталей и сплавов. Под общ. ред. В.Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
5. ГОСТ Р 52727-2007. Техническая диагностика. Акустико-эмиссионная диагностика. Общие требования. Введ. 2007-10-01. – М.: Стандартиформ, 2008. – 16 с.
6. Оглезнева Л.А., Калиниченко А.Н. Акустические методы контроля и диагностики. Часть II: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 292 с.