



АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫЙ КОНТРОЛЬ В НЕФТЕХИМИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

НЕДОСЕКА А. Я., АГАРКОВ С. В., ОВСИЕНКО М. А., ХАРЧЕНКО Л. Ф., ЯРЕМЕНКО М. А.

Представлены результаты акустико-эмиссионного (АЭ) контроля типичного объекта нефтехимической промышленности. Показана возможность регистрации сигналов акустической эмиссии в местах расслоений.

The paper presents the results of acoustic emission (AE) control of a typical object of petrochemical industry. The possibility is demonstrated of recording the acoustic emission signals in the places of delamination.

На предприятиях нефтеперерабатывающей отрасли достаточно большое количество сварных оболочечных конструкций различного назначения активно эксплуатируются уже более 25 лет. В частности, это хранилища жидкого полипропилена, выполненные кузнечно-прессовой сваркой, изготовленные в 1933-1934 гг.

Наиболее распространены хранилища цилиндрической формы, объемом 200 м³. Длина таких хранилищ 22000...23000 мм, диаметр 3400 мм, толщина стенки достигает 26 мм, внутреннее рабочее давление 1,8 МПа. В основном они изготовлены из сталей 09Г2С и 16ГС (рис. 1).

Неразрушающий контроль (НК) технического состояния таких изделий представляет собой сложную задачу, так как эти объекты имеют большие геометрические размеры, часто расположены на опорах на высоте 6...8 м над землей, снаружи защищены теплоизоляционными покрытиями. При техническом освидетельствовании таких изделий частично контролируются сварные соединения, околошовная зона, выборочно замеряется остаточная толщина стенки, проводится внутренний осмотр. Процесс выполнения таких работ достаточно трудоемкий, требует высокой квалификации персонала, длительного времени проведения обследования, дополнительных технических средств для проведения работ на высоте и т. п. При этом всегда остается большая площадь изделия, не охваченная контролем. Да и оценка влияния обнаруженного дефекта

на дальнейшую работоспособность конструкции не всегда является простой задачей.

Значительно сократить время проведения и повысить достоверность контроля состояния металлоконструкций можно за счет применения АЭ метода, который все более широко используется для решения таких задач.

Контроль за состоянием объекта начинается, как правило, с изучения технической документации на объект, условий его эксплуатации, результатов предыдущих обследований. Затем непосредственно на объекте проводятся предварительные работы по определению его контролепригодности, измеряется коэффициент затухания акустических волн в данном материале, определяется оптимальное количество приемников АЭ сигналов, выбирается и в дальнейшем уточняется схема звуколокации источников АЭ.

На одном из нефтеперерабатывающих заводов в течение трех лет были проведены АЭ обследования хранилищ жидкого полипропилена.

Предварительные работы по подготовке контроля и сам контроль проводились в соответствии с требованиями ДСТУ 4046-2001 «Оборудование технологическое нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических производств», Приложение Б; СТД 50.01-2000 «Техническая диагностика. Котлы, сосуды под давлением и трубопроводы. Акустико-эмиссионный метод контроля», Р50.01-01 «Рекомендації щодо акустико-емісійного контролю об'єктів підвищеної небезпеки», а также ряда других нормативных документов. Подготов-

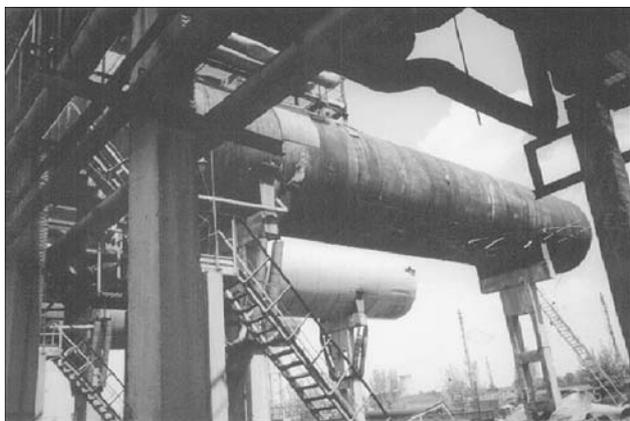


Рис. 1. Хранилище жидкого полипропилена



Рис. 2. АЭ контроль хранилища (стрелками показаны места установки датчиков на поверхности объекта)

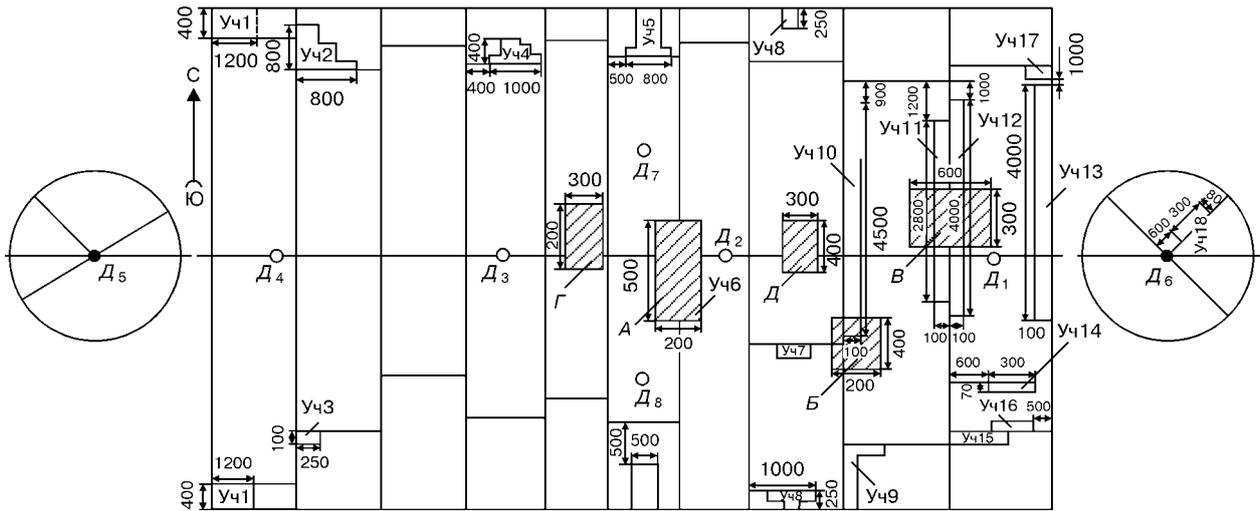


Рис. 3. Раскрой объекта контроля с указанием мест установки датчиков АЭ и дефектов, обнаруженных методом АЭ и другими неразрушающими методами контроля

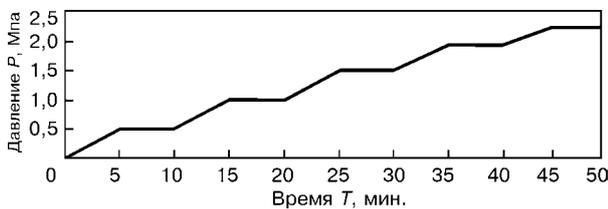


Рис. 4. Схема нагружения хранилища жидкого полипропилена

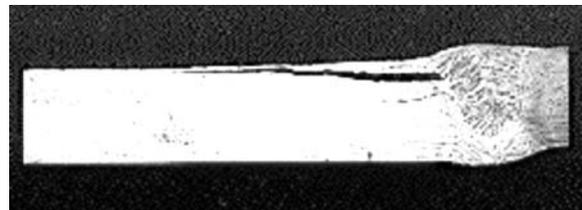


Рис. 5. Элемент оболочки хранилища с расслоением металла у сварного шва

ленный к проведения контролю объект показан на рис. 2.

Рассмотрим результаты контроля одного из таких хранилищ. После ознакомления с результатами предыдущих обследований данного изделия НК методами контроля, проведенного специалистами завода, на развертке хранилища были отмечены те места, где имелись дефекты различного происхождения. В основном это были расслоения, поры, шлаковые включения, коррозия. Раскрой изделия и нанесенные на нем ранее обнаруженные дефектные области, а также места установки акустических датчиков ($D_1 - D_8$) приведены на рис. 3. Ранее обнаруженные 18 дефектных областей на рисунке отмечены как Уч1 – Уч18, а также даны размеры этих областей.

Для контроля изделия 8-миканальным АЭ прибором ЕМА-2 датчики АЭ были сгруппированы в две линейные антенны и две зонные антенны. Первая линейная антенна (датчики $D_1 - D_4$) была установлена на верхней осевой линии цилиндрической обечайки, вторая (датчики D_7 и D_8) – на боковой поверхности цилиндрической обечайки. Датчики D_5 и D_6 установлены на днищах хранилища.

Контроль за состоянием изделия проводили в процессе поднятия внутреннего давления в хранилище от 0 до 2,25 МПа ступенчато с пятиминутными контрольными выдержками согласно СТГ50.01-2000 (рис. 4).

Обработка результатов АЭ контроля показала наличие зон повышенной акустической активности. Эти зоны были также нанесены на дефектовочную карту. На рис. 3 эти зоны пред-

ставлены в виде заштрихованных областей А, Б, В, Г и Д с указанием их размеров.

Анализируя дефектовочную карту, можно отметить, что большая часть из ранее установленных методами НК дефектных участков (это участки 1-5, 7-9, 13-18) не проявила акустической активности.

На участках А, Б, В, Г и Д зарегистрированы сигналы АЭ, свидетельствующие о наличии развивающихся дефектов или процессов, влияющих на изменение свойств материала конструкции. Амплитуда и интенсивность АЭ сигналов незначительны. Преимущественно уровень амплитуд единичных импульсов составлял 30... 50 мВ.

Следует отметить наличие участков, где результаты предварительного НК и АЭ контроля совпадают с результатами проведенных пневмоиспытаний. Область А совпадала с участком 6, область Б частично совпала с участком 10, а область В частично совпала с участками 11 и 12.

Для более детального исследования участков изделия с повышенной акустической активностью из стенки сосуда были вырезаны образцы металла. Визуальное обследование образцов металла показало, что в основном металле имеются расслоения, расположенные параллельно внешней и внутренней поверхности металла. В металле шва таких расслоений не обнаружено (рис. 5).

Проведено исследование локального содержания и распределения водорода в металле образца по разработанной в ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины методике локального масс-спектрального анализа с лазерным микрозондом. В соответствии с этим методом луч лазера расплавляет



Уровень остаточного водорода в металле в аналитических точках (1 ppm = 1·10⁻⁴ мас. % = 1,12 см³/100 г)

Номер аналитической точки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Уровень остаточного водорода, ppm	1,29	1,29	11,82	17,00	4,15	12,92	3,75	2,26	5,18	2,50	1,88	1,88

в заданной точке поверхности образца металл, помещенный в камеру с высоким вакуумом. Газы (например, водород), находящиеся в этом микро-расплаве, регистрируются из металла в полость камеры и регистрируются масс-спектрометром как разница с фоновым уровнем. Количество выделившегося водорода пропорционально его содержанию в этом участке металла и объему микро-расплава. Для количественных измерений используются стандартные образцы по водороду. Схема размещения аналитических точек на поверхности образца представлена на рис. 6, результаты измерений — в таблице.

Следует отметить, что концентрация водорода в металле резко (в 10...15 раз) повышается в районе расслоений (в 11...17 раз) по сравнению с областями материала вдали от расслоений, где эта концентрация составляет 1...1,3 раз в основном металле и 1,8...1,9 — в сварном шве. Эти результаты относятся к остаточному водороду. В реальном металле упомянутого хранилища содержание водорода в зоне расслоений очевидно выше, так как большая часть должна теряться в процессе вырезания темплета из сосуда, изготовлении образца и т. п.

В процессе эксплуатации сосуда водород из его внутренней полости диффундирует в стенки металла и скапливается у барьеров. Такими барьерами могут быть колонии перлита (карбидные слои). Водород может скапливаться на межфазной поверхности металл-карбид. В этом случае возможно образование молекул водорода либо взаимодействие с карбидом с образованием углеводородных соединений (например, CH₄, CН₂), Н₂ или другие водородосодержащие соединения (типа Н₂S, SiН₄, Н₂О и т.д.). В итоге это может привести к появлению микротрещин, которые будут развиваться в расслои.

При поднятии внутреннего давления в хранилище P_{вн} > 2,2 МПа были зарегистрированы сигналы АЭ, свидетельствующие о возможном протекании в материале описанных выше процессов.

Дополнительные измерения остаточной толщины стенки и уровня механических напряжений в местах, где совпадают результаты НК и АЭ (на рис. 3 это области А, В, В), показали, что их значения не выходят за уровень допустимых.

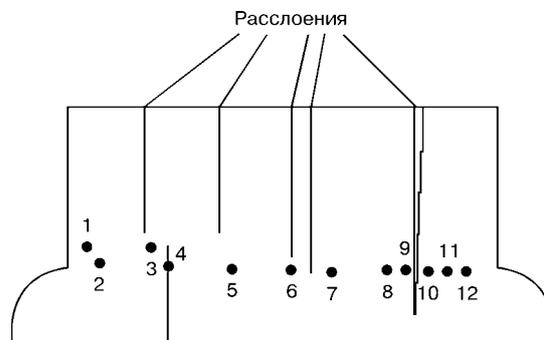


Рис. 6. Схема расположения аналитических точек на образце из стали 09Г2С

Дальнейшая эксплуатация хранилища в настоящее время ведется при ежеквартальном АЭ контроле тех участков, где были установлены слабоинтенсивные процессы дефектообразования. Это позволяет повысить надежность эксплуатации конструкции.

Таким образом, на примере обследования хранилища жидкого полипропилена показана высокая эффективность применения метода АЭ контроля. Этот метод позволяет обследовать 100 % поверхности испытываемого объекта, включая и труднодоступные, а иногда и просто недоступные для других методов контроля места. Благодаря высокой чувствительности, метод АЭ позволяет обнаружить дефекты на ранней стадии поднятия давления при регламентных испытаниях, что значительно повышает их безопасность.

Применение метода АЭ совместно с другими методами НК позволяет значительно повысить вероятность обнаружения дефектов и сделать выводы о степени их опасности.

1. Недосека А. Я. Основы расчета и диагностики сварных конструкций. — Киев, Индпром. — 2001. — 815 с.
2. ДСТУ 4046-2001. Оборудование технологическое нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических производств.
3. Р 50-01-01. Рекомендації щодо акустико-емісійного контролю об'єктів підвищеної небезпеки. — Київ, ТКУ-78 «ТДНК».
4. СТД 50.02-2000. Технічна діагностика. Котли, посудини під тиском і трубопроводи. Загальні технічні вимоги. — Київ, ТКУ-78 «ТДНК».