



О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А. Я. НЕДОСЕКА, М. А. ЯРЕМЕНКО, М. А. ОВСИЕНКО, Л. Ф. ХАРЧЕНКО

Представлены результаты контроля ряда объектов нефтехимической промышленности и газопроводного транспорта. Показана высокая эффективность акустико-эмиссионного метода, который применяли при выполнении контрольных работ.

Nedoseka Results of inspection of a number of facilities in petrochemical industry and gas pipeline transportation. The high effectiveness of the acoustic emission method, used for performance of control is demonstrated.

Применение метода акустической эмиссии в качестве инструмента неразрушающего контроля (НК) в настоящее время значительно расширилось. Это обусловлено значительным сокращением объема контрольных операций и осуществлением контроля больших поверхностей конструкций за счет фиксирования только тех участков, где возникают акустические излучения. Метод АЭ применим как для регистрации дефектных областей, так и для оценки степени их опасности.

Рассмотрим первый режим работы метода — режим целеуказания мест роста дефектов в материале. Степень допустимости обнаруженных дефектов определяли традиционными методами в соответствии с существующей нормативно-технической документацией. Как показали испытания, наиболее эффективно применение данного метода при оценке технического состояния сосудов, работающих под давлением, а также отдельных участков трубопроводов.

Не останавливаясь на физических основах метода, следует отметить его высокую чувствительность к растущим дефектам. Это позволяет в производственных условиях выявить приращение трещины на десятые доли миллиметра, что недоступно для традиционных методов НК.

Характерной особенностью метода является его интегральность. Используя один или несколько преобразователей АЭ, установленных на поверх-

ности изделия, можно проконтролировать весь объект, включая основной материал, сварные швы, фланцевые соединения и т.п. Координаты дефектов определяются в пассивном режиме, без сканирования поверхности объекта испытаний. Таким образом, результаты контроля мало зависят от обработки поверхности контролируемого изделия.

Специалистами отдела технической диагностики ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины проведено достаточно много работ по оценке технического состояния сварных металлоконструкций на нефтехимических предприятиях Украины. Объектами исследований были реакторы синтеза аммиака, хранилища пропилена, печи каталитического крекин-



Рис. 1. Теплообменник (места установки АЭ датчиков показаны стрелками)

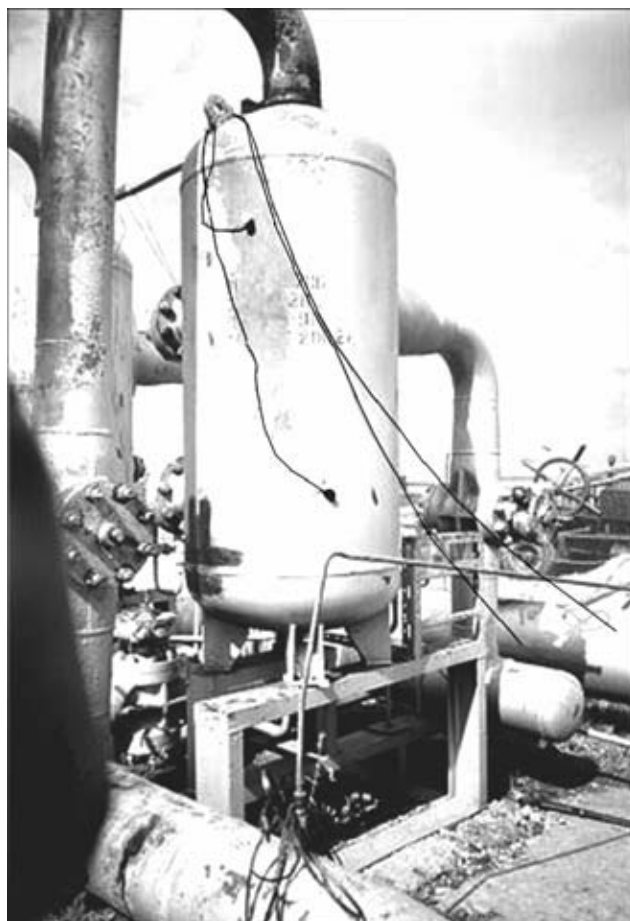


Рис. 2. Пылеуловители, обвязки ГРС (на корпусе пылеуловителя видны прикрепленные АЭ датчики)



Рис. 3. Слева — печь каталитического крекинга

га, охладители газа, теплообменники и другие изделия. Типичные конструкции, подвергавшиеся АЭ контролю, показаны на рис. 1–3.

Представляют интерес результаты работ по обследованию трубчатого змеевика печи П101 производства каталитического крекинга (радиационной и конвективной частей), выполненного из стали 12Х18Н10Т, диаметр трубы 219, толщина 10 мм (рис. 4). Общая длина четырех потоков составляла ≈ 1200 м. Трубопроводы печи насчитывают около 500 монтажных и заводских сварных кольцевых швов.

Традиционными методами НК очень трудно установить наличие внутренних дефектов в основном материале, а также в швах и околошовной зоне. Еще большие трудности возникают при контроле протекания процессов межкристаллитной коррозии металла, его деградации.

Для контроля трубчатого змеевика была выбрана и уточнена схема звуколокации АЭ источников. Измерение коэффициента затухания АЭ волн в материале трубопровода позволило выбрать

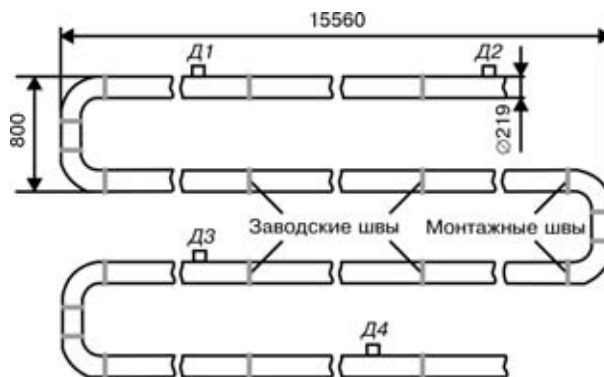


Рис. 4. Схема расположения датчиков АЭ и сварных швов на змеевике радиации печи каталитического крекинга из стали Ст.12Х18Н10Т (Д1–Д4 — датчики АЭ)



Рис. 5. АЭ датчик на поверхности трубопровода

расстояние между датчиками и определить необходимое их количество. АЭ датчики были установлены на заранее подготовленные места и зафиксированы специальным акустопрозрачным материалом (рис. 4). После проведения настроечных работ и контрольного «прозвучивания» объекта контроля определили оптимальные рабочие параметры приборов АЭ контроля.

Внешний вид участка радиации и датчик АЭ сигналов, установленный на поверхности трубопровода показан на рис. 5.

АЭ контроль продуктового змеевика осуществлялся по типовой методике (СТП 50.02-2000, Р 50-01-01) в режиме линейной локации с поднятием внутреннего давления до 10 МПа в соответствии с заранее согласованным графиком нагружения (рис. 6).

Учитывая незначительное затухание волн АЭ в данном объекте (меньше 0,05 Нп/м), расстояние между датчиками достигало 60...70 м. Испытание трубопроводов проводили в два этапа. На каждом этапе контролировали по два участка длиной до 600 м каждый.

В результате АЭ контроля трубчатого змеевика печи П-101 при проведении пневмоиспытания были обнаружены развивающиеся дефекты и определены их координаты.

Для подтверждения полученных результатов дополнительно провели рентгенографию и цветную дефектоскопию

Технические характеристики продуктового змеевика ПЗ-392.00.00.00, изготовленного в 1989 г.

Параметры	Радиационная часть змеевика	Конвективная часть змеевика
Производительность, кг/ч	58380	
Поверхность нагрева, м ²	622,5	544
Давление рабочее, МПа	5,5	6,0
Давление расчетное, МПа	6,0	6,0
Давление пробное при гидравлическом испытании, МПа	9,5	9,5
Температура рабочей среды:		
на входе	—	240
на выходе	420	—
Температура расчетная стенки	523	523
Среда	вакуумный	дистиллят
Характеристика среды	взрывоопасная	
Прибавка на коррозию, мм	1	1
Количество потоков	4	8
Габаритные размеры, мм		
длина	17028	
ширина	4028	
высота	18000	



Таблица 1. Сравнение результатов контроля методами АЭ, цветной дефектоскопии, рентгенографии

Вид контроля		Выявленные дефекты
цветная дефектоскопия	рентгенография	
I поток		
Радиация		
+	+	2Т-4 мм Н-2 мм
+	+	Пдр-300 мм, Т-60 Н-3 мм
+	+	2П-2 мм, 3Пдр-200 мм
+	+	3Т-8 мм Н-3 мм, 2Пдр-200 мм
+	+	2Т-5 мм Н-2 мм, 2П-2 мм
+	+	2Т-6 мм Н-3 мм
+	+	3П-3 мм, Пдр-100 мм
+	+	2Т-8 мм Н-3 мм
+	+	Дефекты типа Т не обнаружены
Дефекты швов, не обнаруженные АЭ методом		
+	-	Дефекты типа Т не обнаружены
+	-	2П-2 мм
+	-	6Т-5 мм Н-1 мм
+	-	4Т-4 мм Н-1 мм
Конвекция		
+	+	2Т-6 мм Н-2 мм
+	+	3П-2 мм
+	+	4Т-8 мм Н-2 мм
Переход из радиации в конвекцию		
+	+	Дефекты типа Т не обнаружены
+	+	2П-3 мм
+	+	Пдр-60 мм
II поток		
+	+	3П-2 мм, 4Т-6 мм Н-2 мм
+	+	Т-8 мм Н-3 мм
Швы, рекомендованные к дополнительному контролю после проведения АЭ диагностирования		
+	+	Пдр-200 мм
+	+	3Т-6 мм Н-2 мм
+	+	2П-2 мм, Пдр-100 мм
Переход из радиации в конвекцию		
+	+	Пдр-100 мм
+	+	2Т-10 мм Н-2 мм
+	+	3П-2 мм
+	+	2Т-6 мм Н-2 мм
+	+	2Т-8 мм Н-3 мм
+	+	3П-3 мм Пдр-100 мм
+	+	2П-3 мм Т-10 мм Н-3 мм
+	+	2Т-12 мм Н-3 мм, П-3 мм
+	+	2П-3 мм, Пдр-100 мм
+	+	2Т-10 мм, Пдр-80 мм
+	+	Дефекты типа Т не обнаружены
+	+	Пдр-100 мм
+	+	2П-2 мм Т-8 мм Н-2 мм
+	+	3Т-4 мм Н-2 мм

Продолжение табл. 1

Вид контроля		Выявленные дефекты
цветная дефектоскопия	рентгенография	
IV поток		
Радиация		
+	+	3Т-10 мм Н-2 мм, П-2 мм
+	+	2Т-6 мм Н-3 мм, 2П-3 мм
+	+	2П-2 мм, Пдр-150 мм
+	+	2Т-10 мм Н-2 мм
+	+	3П-2 мм, 2Т-12 мм Н-3 мм
+	+	Пдр-2 мм, 2Т-12 мм Н-3 мм
Конвекция		
+	+	2Т-15 мм Н-3 мм, 2П-2 мм
+	+	2Т-8 мм Н-3 мм, 2П-3 мм
+	+	Пдр-100 мм, 2Т-8 мм Н-3 мм
Переход из радиации в конвекцию		
+	+	3Т-15 мм Н-3 мм, Пдр-100 мм
+	+	2П-3 мм, 3Т-20 мм Н-3 мм
Швы, не давшие повышенного АЭ сигнала, доступные для дополнительного контроля		
+	+	Пдр-100 мм
+	+	Дефекты типа Т не обнаружены
+	+	П-2 мм
+	+	Пдр-80 мм

Примечание: Т – трещина (указано число трещин наибольшей длины); Н – глубина трещин, мм; П – пора (указан диаметр, мм); Пдр – подрез (указана длина, мм).

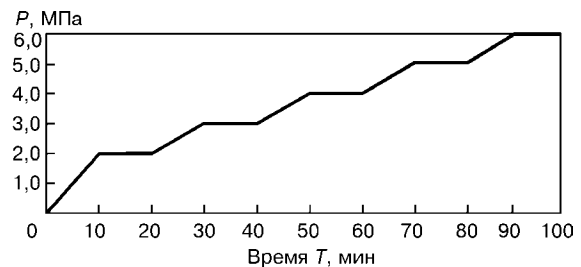


Рис. 6. График нагружения продуктового змеевика

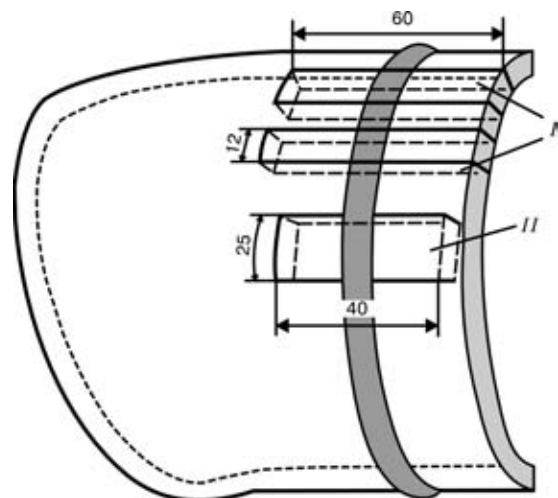


Рис. 7. Схема разрезки фрагмента калача на заготовки для изготовления образцов МИ-14 (I – 2 шт.) и образца для определения межкристаллической коррозии (II – 1 шт.)



Таблица 2. Результаты испытания на растяжение образцов МИ-14 из материала трубы печи

Место вырезки (участок)	Выполнение	Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %
Радиации	Автоматическая	290,5	572,5	58	78
Конвекции	Ручная	307	551	38	68
»»	»»	383	595	23	42
»»	»»	341	565	31	51
»»	»»	354	587	44	67

Примечание. Марка сварочной проволоки 07X19H10Б.

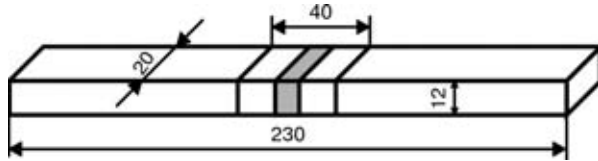


Рис. 8. Заготовка из фрагмента змеевика радиации с кольцевым заводским швом для металлографии (средняя часть) и изготовления образцов МИ-14

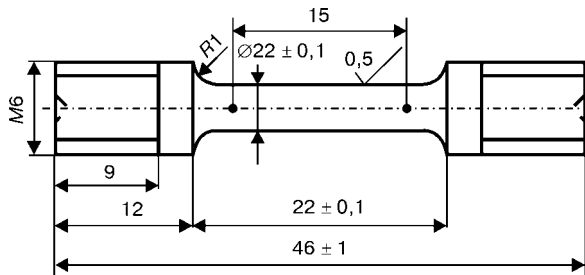


Рис. 9. Образец МИ-14 для испытаний металла шва, околошовной зоны на растяжение

областей повышенной АЭ активности. В табл. 1 приведены результаты сравнения различных методов контроля, а также классификация найденных дефектов.

Для проведения дальнейших исследований были подготовлены образцы из фрагментов змеевика радиации и конвекции (рис. 7–9).

Проведены испытания на растяжение образцов из материала трубы печи каталитического крекинга. Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Исследована структура сварных соединений и основного металла трубы из стали 12X18H10T. В результате исследования установлено наличие горячих трещин в металле сварного шва (рис.10), наличие межкристаллитной коррозии на внутренней поверхности трубы в районе зоны термического влияния сварки. Также обнаружены шлаковые включения в металле шва монтажного стыка трубы, очаги межкристаллитной коррозии в основном металле сварного соединения. Таким образом, показано, что метод АЭ достаточно надежно регистрирует наличие в изделии развивающихся дефектов.

Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, г. Киев

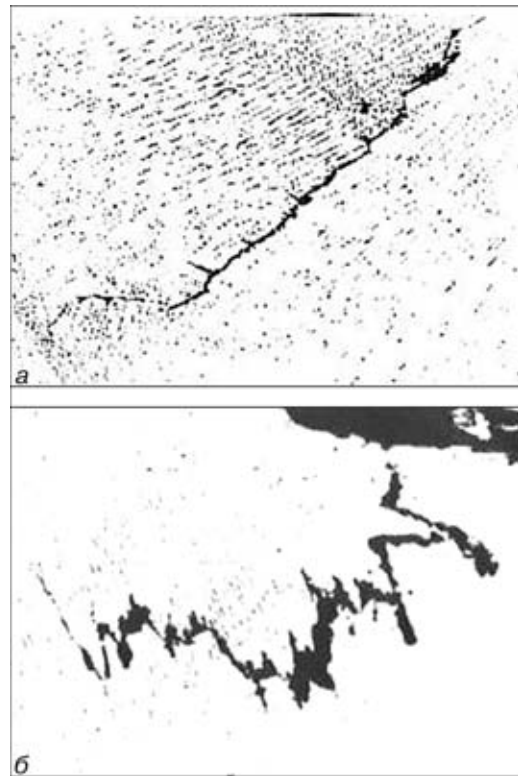


Рис.10. Горячие трещины в верхнем валике сварного соединения (X120, монтажные швы)

Выводы

1. АЭ метод обеспечил 100 % контроль поверхности трубчатого змеевика печи, включая сварные монтажные и заводские соединения.

2. При выполнении контрольных работ метод АЭ обеспечил регистрацию развивающихся дефектов типа трещин, непроваров и др. в изделиях из стали 12X18H10T, традиционно сложных для других методов контроля. Результаты АЭ контроля подтверждены другими методами НК.

3. Опыт применения АЭ метода показывает его высокую оперативность и производительность при достоверности, соответствующей требованиям принятых нормативных документов.

1. Недосека А. Я. Основы расчета и диагностики сварных конструкций. — Киев, Индпром. — 2001.
2. Р 50-01-01. Рекомендації щодо акустико-емісійного контролю об'єктів підвищеної небезпеки. — Київ, ТКУ-78 «ТДНК».
3. СТП 50.02-2000. Технічна діагностика. Котли, посудини під тиском і трубопроводи. Загальні технічні вимоги. — Київ, ТКУ-78 «ТДНК».
4. Патон Б. Е., Недосека А. Я., Яременко М. А., Харченко Л. Ф., Овсienко М. А. Акустико-емісійна діагностика работоспособности трубопроводных систем и сосудов нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических производств, работающих под давлением до 16 МПа (Методика утверждена ТКУ-78 и согласована с Госнадзором Украины).

Поступила в редакцию 20.04.2003