

2. Разработанные на основе данных композиционных материалов новые типы полимерных контейнеров по радиационно-защитным характеристикам эквивалентны известным свинцовым металлическим контейнерам при увеличении толщины стенки всего в 2...2.5 раза практически при сохранении массы контейнера. Кроме того, достигается санитарно-гигиеническая и экологическая безопасность, полная дезактивируемость в кислых растворах, повышенная механическая прочность, полная герметичность и теплозащита. Отпадает необходимость в дополнительных упаковочных транспортных комплектах, что способствует снижению геометрических размеров упаковок в 2...3 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павленко В.И., Ефимов А.И., Маракин О.А., Шевцов И.П., Тенденции развития радиационно-защитных разработанных композиционных материалов // Изв. вузов. Строительство. – Новосибирск: - 1995. № 11. –С. 78-79.
2. Павленко В.И., Кирияк И.И., Маракин О.А., Шевцов И.П., Специальные полимерные композиты для защиты от радиационного воздействия / Проблемы конверсии оборонных производств. Тез. докл. конф. –Пенза. 1995. –С.25-26.
3. Патент РФ по заявке № 94034004/25. МКИ G21FS/005. Защитный контейнер / В.И.Павленко, И.И.Кирияк, М.И.Холод, О.А.Маракин, И.П.Шевцов // Решение ВНИИГПЭ от 10.01.96.

МЕТРОЛОГИЯ КАЧЕСТВА УПРОЧНЯЮЩИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

**В.П. Гончаренко, А.Я. Колпаков, А.И. Маслов,
В.М. Никитин, А.А. Пимонов**

Одним из перспективных методов неразрушающего контроля качества материалов, изделий и конструкций, в том числе изделий с упрочняющими покрытиями, является метод, базирующийся на регистрации коротких импульсов (характерная длительность импульса порядка 10^{-6} с), эмитируемых кристаллической структурой исследуемого образца в ультразвуковом диапазоне частот (от нескольких сотен Кгц до десятков Мгц) при нагружении образца - метод акустической эмиссии (АЭ) [1].

Перспективность метода АЭ обусловлена прежде всего тем, что он относится к классу пассивных неразрушающих методов непрерывного контроля, и позволяет реализовать мониторинг дина-

мики локального изменения прочностных характеристик образца как на этапе изготовления или выходного контроля, так и в процессе эксплуатации конструкции при реальных естественных нагрузках. Кроме того, метод не накладывает практически никаких ограничений на способ нагружения.

Для изучения качественных свойств упрочняющих покрытий мы использовали методику нагружения образцов, основанную на эффекте адсорбционного понижения прочности твёрдых тел вследствие обратимого физико-химического воздействия среды. Эффект открыт П.А. Ребиндером в 1928 г. [2]. Этот эффект возможен при контакте твердого тела, находящегося в напряженном состоянии, с жидкой или газовой адсорбционно - активной средой. Он весьма универсален - во всех типах сред со всеми типами межатомных связей. Основное условие - родственный характер контактирующих фаз по химическому составу и строению. Для упрочняющих покрытий мы использовали расклинивающее действие жидкой поверхностно - активной среды, что, в свою очередь, позволило исключить один из существенных отрицательных факторов метода АЭ - наличие паразитных шумов в нагружающих устройствах. В экспериментах использовались активные среды, не накладывающие специальных экологических требований: дистиллированная вода, этиловый спирт, химически чистый глицерин, металлографический травитель нитал (4% HNO_3 в $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$).

Упрочняющие покрытия на образцах представляли собой плёнки из нитрида титана различной толщины (до 13 мкм), наносимые плазменным напылением. Были испытаны также образцы из стали 45, азотированные ионным методом в печи НГВ 6.6/6 Н и образцы из сталей 40Х и Х12М, упрочнённые лазерной наплавкой слоя толщиной до 1.5 мм, соответствующего по химическому составу нержавеющей стали, а также образцы изделий, полученных сплавлением порошков с помощью газового плазмотрона. Специально создавались образцы с моделями дефектов, а в качестве модельного материала исследовались и стёкла с царапинами.

Исследования проводились на регистрирующей аппаратуре, созданной сотрудниками БГТАСМ [3]. Пьезокерамический датчик с резонансной частотой 225 Кгц крепился к образцам через специальную контактную мастику. Полоса пропускания всего тракта регистрации составляла 10 Кгц. Усилитель сигнала датчика имел чувствительность, приведенную ко входу, 1 мкв. С выхода усилителя импульсный сигнал поступал на 5 – канальный дискриминатор амплитуды, имеющий пороги дискриминации в условных единицах 1, 2, 4, 8, 16. С пяти выходов дискриминатора импульсы поступали на пять независимых счетчиков импульсов, одновременно регистрирующих количество поступивших импульсов за

фиксированные интервалы времени. Интервалы времени могли выбираться от 0.02 с до 24 час. Цифровая информация со счетчиков за 256 последовательных интервалов времени (кривая интенсивности или, как ее называют для оптического диапазона, кривая блеска) по каждому из 5 каналов вводилась в ЭВМ, записывалась на магнитный носитель и использовалась для последующей математической обработки. Математическая обработка сводилась к преобразованию каждой кривой интенсивности и последующему сравнительному анализу полученных Фурье спектров. Всего было получено более 200 спектров.

Результаты проведенных исследований показали наличие однозначной корреляции качества упрочняющих покрытий с регистрируемыми параметрами АЭ. Модельные дефекты определенно фиксировались предлагаемой методикой. Однако с метрологической точки зрения полученные результаты носят качественный характер. Представление абсолютных значений регистрируемых параметров сопряжено с целым рядом трудностей. Рассмотрим наиболее существенные из них, предполагающие постановку целого комплекса фундаментальных исследований в различных областях науки.

Повторяемость качественных характеристик упрочняющих покрытий, а тем более прогнозирование их свойств, предполагает наличие контроля основных свойств формируемой плазмы в установках напыления (контроль плотности, однородности, температуры и т.д.). Т.о. необходима постановка специальных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по исследованию и контролю характеристик плазмы в установках напыления.

Вопрос связи абсолютных значений энергии импульсов АЭ, возникающих в исследуемых образцах, и параметров электрических сигналов, регистрируемых аппаратурой, остается в ряде случаев открытым [1]. Все известные методы калибровки сводятся к измерению абсолютных перемещений поверхности эталонного образца и сравнению их с регистрируемыми электрическими параметрами в фиксированном диапазоне частот. В этой связи представляется перспективным развитие направления по разработке лазерных методов регистрации АЭ, создание широкополосных датчиков АЭ, например и на оптических принципах, разработка проблемы абсолютной калибровки и метрологической аттестации всего тракта регистрации АЭ. Кроме чисто технических вопросов на этом пути возникают проблемы и математического плана.

Известно [4], что последовательность импульсов с любыми исходными статистическими свойствами приближается после прохождения поглощающей среды (серого фильтра) к Пуассоновской последовательности. А это означает, в свою очередь, что наиболее

лее развитые методы анализа кривой блеска (интенсивности) становятся малоэффективными, если поглощающая среда имеет очень низкий коэффициент пропускания. В работе [4] предлагается использовать в качестве инвариантов серого фильтра факториальные моменты

$$H_k(t) = \frac{\langle N_t(N_t - 1) \dots (N_t - k + 1) \rangle}{\langle N_t \rangle^k},$$

где $k=1, 2, 3, \dots$, $N_0=1$, t - время накопления импульсов, N_t - количество зарегистрированных за время t импульсов, а знак $\langle \dots \rangle$ означает усреднение. Однако существуют и другие решения проблемы, которые необходимо разрабатывать. Например, присутствие в регистрирующем тракте эффекта мёртвого времени величины τ продлевающего или непродлевающего типа приводит к тому, что второй инвариант, который для Пуассоновского потока тождественно равен 1, приобретает вид

$$H_2 = 1 - \frac{\tau(2 + v\tau)}{t(1 + v\tau)},$$

$$H_2 = 1 - \frac{2\tau}{t}$$

соответственно. Учёт влияния аппаратных искажений другого типа предполагает постановку дополнительных исследований.

Реакция многокаскадного узкополосного тракта регистрации на почти идеальный δ -образный входной сигнал АЭ представляет собой довольно сложный колебательный процесс, поэтому интерпретация регистрируемой формы выходного сигнала АЭ должна проводиться весьма осторожно с предварительным математическим анализом всего тракта регистрации.

Граница датчика АЭ и поверхности исследуемого образца в ультразвуковом диапазоне подчиняется тем же законам, что и граница оптических сред. Т.о. на этой границе возможно выполнение условий полного внутреннего отражения для сигналов АЭ. В этом случае, даже имея самую чувствительную аппаратуру и очень высокий уровень сигналов АЭ, можно не зарегистрировать ни одного импульса. По этому направлению необходимо ставить специальные исследования, результаты которых могут оказаться весьма полезными для разработки специальных покрытий, уменьшающих видность объекта в звуковом диапазоне.

В плане постановки дальнейших исследований представляются перспективными и работы, основывающиеся на изучении фрикционных свойств специальных покрытий в различных средах методом АЭ. Это могут быть как проблемы износостойкости по-

крытий, так и проблемы снижения трения изделий, движущихся в жидких или воздушных средах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грешников В.А., Дробот Ю.Б. Акустическая эмиссия. - М.: Стандарты, 1976.- 272 с.
2. Ребиндер П.А., Шукин Е.Д. Поверхностные явления в твердых телах в процессах их деформации и разрушения.-УФН, 1972.- Т. 108.- Вып. 1.- С. 3-42.
3. Воеводский А.А., Мирошниченко И.И., Пантелеев И.М., Пимонов А.А. Автоматизированная система регистрации сигналов акустической эмиссии. Фундаментальные исследования и новые технологии в строительном материаловедении// Тезисы докл. Всесоюзн. конференции, ч.9. Управление сложными техническими объектами и технологич. проц. в ПСМ.- Белгород, 1989.-С. 25-26.
4. Теребиж В.Ю., Пимонов А.А. К проблеме поиска флуктуаций блеска при счете фотонов// Известия специальной астрофизической обсерватории, 1981.-Т.13.- С.62-75.