

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ТИПОВ ИСТОЧНИКОВ ПРИ АКУСТИКО-ЭМИССИОННОМ КОНТРОЛЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Бобров Алексей Леонидович

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

E-mail: [beaver@stu.ru](mailto:beaver@stu.ru)

Акустико-эмиссионный (АЭ) контроль металлических изделий и конструкций зарекомендовал себя как надежный метод выявления развивающихся дефектов, что позволяет вовремя предотвратить последующие разрушения объектов. Однако, продолжающиеся деградировать дефектные участки в процессе нагружения и АЭ контроля чаще всего не идентифицируются как дефекты конкретного типа (усталостные трещины, пластически деформируемые участки, участки поврежденные коррозией и т.п.).

Распознавание типа дефекта имеет важнейшее значение при контроле, так как критерии оценки состояния объектов всегда исходят из определенных причин и формы выявленных отклонений. Однако, если доступ к участку с дефектом ограничен или даже невозможен, определить тип дефекта другим методом неразрушающего контроля затруднителен. Для таких случаев необходимо распознавать процесс разрушения по параметрам сигналов АЭ. Проблема использования потоковых параметров АЭ (суммарный счет, суммарная энергия, средняя энергия и т. п.) в том, что для разных источников они имеют разные закономерности [1, 2]. Кроме того такие процессы как развитие усталостных трещин или пластические деформации на разных этапах развития формируются различными микропроцессами [3].

Поэтому выделение из потока АЭ информации критериев, которые позволят определять были проведены теоретические исследования и эксперименты по растяжению образцов из низкоуглеродистых и низколегированных сталей с концентраторами [4, 5], которые показали, что используя корреляционный анализ можно существенно продвинуться в вопросе идентификации различных источников АЭ сигналов. Так небольшие изменения координат и направленности источников, присущие трещинам и упругой деформации в локальной области концентратора фактически не влияют на вид волнового пакета регистрируемых сигналов АЭ или искажают его слабо. По результатам исследований в качестве критериев распознавания источников АЭ использовали:

- средний коэффициент взаимной корреляции сигналов, приходящих на один преобразователь в разные моменты времени испытаний  $k_{ij}$ ;
- коэффициент взаимной корреляции максимума амплитуды сигналов, приходящих на разные приемники каждого акта АЭ  $k_U$ ;
- долю сигналов АЭ, несущих большую энергию в потоке всех сигналов от источника  $k_{sc}$ .

Характерные особенности поведения этих параметров для разных типов источников АЭ приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Критерии распознавания источника

Тип источника	Характерные значения параметров источника		
	$k_{ij}$	$k_U$	$k_{sc}$
Упругая деформация (локальный источник)	>0,5	<0,5	<0,2
Упругая деформация (распределенный источник)	<0,5	<0,5	<0,2
Пластическая деформация	<0,5	0,5-0,9	0,2-0,8
Усталостная трещина (зарождение)	>0,5	>0,5	<0,2
Усталостная трещина (стабильный рост)	0,2-0,8	>0,9	0,2-0,8
Усталостная трещина (ускоренный рост)	0,2-0,9	>0,9	0,8-1
Деградация дефектной структуры	<0,4	<0,3	0,2-0,8

Таким образом, появляется возможность идентификации разных развивающихся источников АЭ в зависимости от определяемых значений введенных коэффициентов  $k_{ij}$ ,  $k_U$  и  $k_{sc}$ . На основе приведенных в таблице значений коэффициентов  $k_{ij}$ ,  $k_U$  и  $k_{sc}$  можно построить алгоритм идентификации каждого из

приведенных типов источников. После идентификации типа источника по энергетическим параметрам каждого определенного источника можно судить о степени его развитости.

Список литературы:

- [1] Панин, С. В., А. В. Бяков, В. В. Гренке и др. // *Физическая мезомеханика*. – 2009. – Т. 12. – № 6. – С. 63–72.
- [2] Корчевский, В. В. // *Контроль. Диагностика*. – 2006. – № 5. – С. 42–48.
- [3] Иванова В.С, Терентьев В.Ф. *Природа усталости металлов*. – М.: *Металлургия*, 1975. — 456 с.
- [4] Бобров А.Л. // *Дефектоскопия*. – 2009. – № 5. – С. 18–24.
- [5] Серьезнов, А. Н. и др. // *Контроль. Диагностика*. – 1999. – № 2. – С. 5–8.

## **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО ПРОГНОЗНОГО КОНТРОЛЯ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ**

*Московская Юлия Марковна, Артамонов Алексей Сергеевич, Егоров Андрей Николаевич, Давыдов Георгий  
Георгиевич, Бойченко Дмитрий Владимирович, Бобровский Дмитрий Владимирович, Никифоров Александр  
Юрьевич*

*Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ"*

*ЭНПО "Специализированные электронные системы"*

*Научный руководитель: Бойченко Д.В.*

*E-mail [ymmos@spels.ru](mailto:ymmos@spels.ru)*

В процессе производства электронной компонентной базы (ЭКБ) для космических и ядерных комплексов необходимо гарантировать стабильность воспроизведения уровней радиационной стойкости (РС) изделий [1,2]. Особенностью технологического контроля РС ЭКБ является его неразрушающий и прогнозный характер, так как контрольные операции осуществляются на тех этапах, когда готовое изделие еще отсутствует, т.е. объектами контроля являются тестовые структуры, имитаторы и полуфабрикаты изделий, результаты испытаний которых переносятся (распространяются) на готовую продукцию. Более того, положительные результаты радиационного контроля, полученные в лабораторных условиях производства, распространяются на существенно отличные от них по амплитудно-временным и спектрально-энергетическим характеристикам радиационных воздействий условия в процессе эксплуатации ЭКБ.

Большинство радиационных испытаний ЭКБ проводится на радиационных установках – ускорителях в режиме генерации тормозного излучения, изотопных гамма-источниках, ядерных реакторах, ускорителях протонов и тяжелых заряженных частиц. Организация полного комплекса радиационно-испытательного оборудования в условиях производства ЭКБ совершенно нереальна как по соображениям радиационной безопасности и трудностей проведения измерений бескорпусных изделий на пластинах, так и вследствие полной технико-экономической неэффективности таких решений. Поэтому в качестве источников испытательных воздействий целесообразно использовать рентгеновский и лазерный имитаторы.

В работе предложен автоматизированный аппаратно-программный комплекс для прогнозного контроля радиационной стойкости как для задач мониторинга радиационно-ориентированного технологического процесса (типовой объект неразрушающего радиационного контроля – тестовые структуры параметрических мониторов), так и для задачи контроля производственных партий пластин по РС в объеме подгруппы «Е» ОТУ (типовой объект испытаний – или типовые оценочные схемы – имитаторы или полуфабрикаты готовых изделий). Комплекс обеспечивает возможность проведения 100%-ной разбраковки кристаллов по РС в процессе производства [1]. Типовая структура автоматизированного комплекса для прогнозного контроля РС ЭКБ в производстве представлена на *рис. 1*.