

УДК 681.327

А.В. Егоров, С.В. Кучерявский, В.В. Поляков
**Применение метода главных компонент
 для акустико-эмиссионной диагностики
 алюминиевых сплавов**

Одной из актуальных проблем современной диагностики материалов является выявление критически опасных дефектов, вызывающих разрушение и возникающих в процессе эксплуатации. Для решения этой задачи одним из наиболее перспективных является метод акустической эмиссии. Однако при его использовании возникают трудности, обусловленные сложностью интерпретации информативных параметров метода и связанные не только с изменениями в структуре материала, но и с условиями внешнего воздействия. Для повышения надежности выявления дефектов предложено при обработке информативных параметров акустической эмиссии использовать метод главных компонент. Апробация подхода проведена на примере алюминиевых сплавов, обладающих хорошо изученными механическими и прочностными свойствами.

Образцы для исследования изготавливали из алюминиевого сплава марки Д16. Они имели стандартную форму для испытаний на одноосное растяжение с сечением рабочей части $3 \times 3 \text{ мм}^2$ и длиной 30 мм. Область, подвергаемая деформации, обрабатывалась до 6-го класса чистоты поверхности. На нескольких образцах в центре рабочей зоны на одной из сторон был нанесен линейный дефект в виде надреза глубиной 0,25 мм, перпендикулярного оси растяжения, с радиусом закругления также 0,25 мм.

Для измерения характеристик акустической эмиссии при пластической деформации и разрушении алюминиевых сплавов применялся разработанный ранее программно-аппаратный акустико-эмиссионный комплекс [1], включавший в себя модифицированное устройство регистрации сигналов [2, 3] и датчик малых перемещений [4], обеспечивающих регистрацию результатов испытаний. При измерениях использовали резонансный датчик на 180 кГц. Скорость нагружения для разных образцов была различной и варьировалась от 1,2 до 1,7 МПа/с.

В качестве предварительной обработки полученных данных было использовано прореживание по повторяющимся значениям импульсов акустической эмиссии в соответствии со скоростью нагружения, а также минимальным и мак-

симальным значениями квадрата амплитуды. Спектры акустической эмиссии в координатах «эффективное напряжение U – время нагружения t » после прореживания показаны на рисунке 1. Видно, что образцы с дефектом (кривые, помеченные буквой D) и без дефекта (кривые, помеченные буквой N) визуально практически неразличимы.

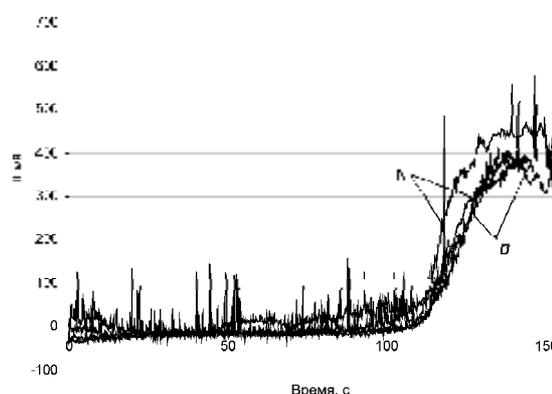


Рис. 1. Спектры акустической эмиссии

Для анализа спектров применен метод главных компонент, позволяющий выявить закономерности в изменении большого числа параметров путем проекции исходных данных на подпространство существенно меньше размерности [5]. Ориентация этого подпространства задается главными компонентами, которые определяются как ортогональные векторы в исходном пространстве данных, ориентированные в соответствии с принципом наибольшей протяженности. Так, первая главная компонента направлена вдоль наибольшей вариации данных в исходном пространстве, вторая компонента перпендикулярна первой и ориентирована вдоль следующего по значению направления вариации данных и т.д. Как правило, число главных компонент, описывающих основную часть вариации данных, во много раз меньше числа исходных переменных. Проекции исходных данных на пространство главных компонент называют графиками счетов.

На рисунке 2 изображен график счетов для двух первых главных компонент, полученных в результате применения метода главных ком-

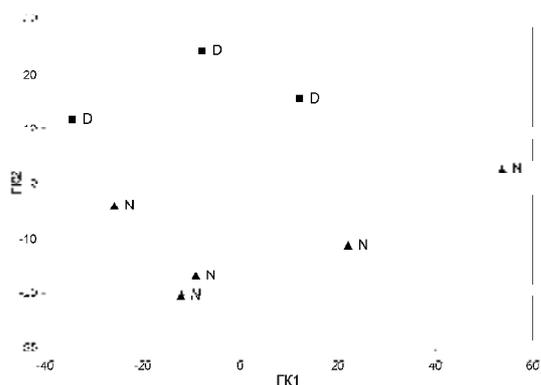


Рис. 2. График счетов для первых главных компонент

понент к прореженным спектрам акустической эмиссии. Очевидно, что первая главная компонента непосредственным образом связана с вариацией данных, которая отвечает за различие между поведением спектров акустической эмиссии образцов без дефектов (точки, помеченные N) и образцов с дефектами (точки, помеченные D). Как видно из рисунка 2, серии точек N и D на графике линейно разделимы.

Проведенные исследования свидетельствуют, что применение метода главных компонент для обработки акустико-эмиссионного сигнала повышает достоверность диагностики, в том числе при наличии мешающих факторов, например, различных скоростей нагружения.

Литература

1. Polyakov V.V., Egorov A.V., Svistun I.N. Investigation of plastic deformation and fracture of PM materials on the basis of acoustic emission method. // Proc. Intern. conf. «Deformation and fracture in PM materials». Piestany, Slovakia, 1999. Vol. 1.
2. Егоров А.В. Регистрация сигналов акустической эмиссии с помощью модифицированного метода осцилляций / А.В. Егоров, В.В. Поляков, Е.А. Гумиров, А.А. Лепендин // Приборы и техника эксперимента. – 2005. – Т. 48. – №5.
3. Егоров А.В. Устройство регистрации сигналов акустической эмиссии. Патент РФ №2251688. G01 №29/14 / А.В. Егоров, Е.А. Гумиров, В.В. Поляков // Изобретения. Полезные модели. – 2005. – №13.
4. Егоров А.В. Оптико-механический датчик малых перемещений / А.В. Егоров, В.В. Поляков, С.И. Матвеев // Приборы и техника эксперимента. – 2007. – Т. 49. – №2.
5. Wold S., Esbensen K., Geladi P. // Chemom. Intell. Lab. Syst. 37. 1987.