

уравнению (1) имеет вид

$$Z_o(\rho) = \sqrt{R^2 - \rho^2}, \quad R \ll R_o, \\ \delta R = R - R_o \ll R_o,$$

т.е. в случае, когда зародыши обладают радиусом меньше критического, поверхностное новообразование не растёт, а распыляется за время порядка $1/\lambda$.

Иными словами, описываемый формулами (1)–(8) сценарий формирования

трубчатых новообразований соответствует картине, наблюдаемой в эксперименте.

Библиографический список

- 1 В. И. Глушко, В. В. Бобков, Д. Л. Рябчиков, В. В. Цуканов, Н. Д. Серёда // Изв. РАН, сер. физическая – Т. 58 – №3 – С. 138-142
- 2 V. V. Bobkov, D. L. Ryabchikov, Yu. V. Slyusarenko, R. I. Starovoitov / Proc. 12th Int. Conf. on High-Power Particle Beams (BEAMS' 98) Program and Abstract p. 430

УДК 534-16.001.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДЕСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЯ TiN НА ОСНОВЕ МЕТОДИКИ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ИМПУЛЬСОВ АЭ

М. А. Выборщик, Д. Л. Мерсон, Д. И. Панюков
Тольяттинский политехнический институт

В настоящее время практически все детали и изделия изготавливают с покрытиями. При этом возникает необходимость контроля не только изначального качества покрытий, но и кинетики повреждаемости последних в процессе длительной эксплуатации.

Целью настоящей работы является оценка физико-механических свойств покрытия TiN в зависимости от технологии нанесения и состояния поверхности подложки, а также исследование кинетики повреждаемости покрытия в процессе нагружения на основе спектрального анализа импульсов АЭ.

Исследованию подвергали полученное по разным технологиям покрытие TiN на нержавеющей стали (12Х18Н10Т). Образцы размерами рабочей части 0,65х10х50 мм подвергали одноосному растяжению. Сигналы АЭ воспринимались в диапазоне пропускаемых частот 60-1500 кГц широкополосным пьезодатчиком по методике [1]. В качестве наиболее информативных параметров для характеристики поведения объекта в целом использовали огибающую сигналов АЭ, а для анализа отдельных импуль-

сов АЭ-энергию (E) и медианную частоту (F_{med}) импульса. Состояние поверхности образцов с покрытием TiN на разных стадиях деформации исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа.

Анализ полученных результатов показал следующее. Во всех случаях акустическая активность в образцах с покрытием выше, чем в образцах без покрытия. Поведение огибающей АЭ в процессе деформации независимо от технологии нанесения покрытия имеет общие закономерности. Наряду с традиционным максимумом в области предела текучести имеется еще один экстремум, который проявляется при определенной для каждого типа образца деформации. По-видимому, первый пик АЭ связан с релаксацией остаточных напряжений, накапливаемых в покрытии в процессе осаждения, а второй – с процессами деструкции покрытия.

Частотно-временной анализ, проведенный по точечным диаграммам, построенным в координатах « F_{med} -деформация» показал, что все сигналы по медианным частотам разделяются на три характерных

диапазона: низкочастотные (70-100 кГц), среднечастотные (150-300 кГц) и высокочастотные (400-600 кГц). При этом распределения во времени каждого из указанных типов сигналов для разных типов образцов имеют свои характерные особенности. Так, у образца без покрытия высокочастотные сигналы вообще практически не наблюдаются, а основную массу составляют сигналы с частотами менее 250 кГц, а у образцов с покрытием – средние и высокочастотные сигналы.

Из общих соображений можно предположить, что единые по природе происхождения сигналы АЭ имеют сходные значения энергии и медианной частоты, поэтому разброс импульсов на кластеры в пространстве признаков E-Fmed должно свидетельствовать о различной природе источников АЭ [2].

Всего можно выделить три кластера, причем, что и неудивительно, их частоты соответствуют установленным выше диапазонам. Наибольшую энергию имеет низкочастотный кластер. Поскольку низкочастотные импульсы наблюдаются только для образцов без покрытия или для покрытых образцов после обнажения подложки, очевидно, что низкочастотный кластер связан с деформированием подложки.

Для установления природы происхождения импульсов АЭ, принадлежащих двум другим кластерам, была проведена растровая электронная микроскопия поверхности исследуемых образцов на различных этапах деформирования. В результате данного исследования установлено следующее.

Для всех образцов с покрытиями при деформациях, соответствующих первому максимуму огибающей АЭ, каких-либо следов разрушения покрытия не обнаружено. Это подтверждает сделанное выше предположение о связи первого пика АЭ с микропластической деформацией покрытия, активность которой определяется уровнем остаточных напряжений в покрытии после осаждения.

Во время спада огибающей АЭ (после первого пика) отмечается образование

отдельных микротрещин, возникающих на концентраторах напряжений, которыми служат различного рода включения и поры, что совпадает с появлением дискретных высокоэнергетичных импульсов. Повторный подъем огибающей АЭ вызван образованием в покрытии криволинейной сетки трещин по сдвиговому механизму и появлением внутри нее более коротких перпендикулярных оси растяжения трещин отрыва. Установлено, что за импульсы высокочастотного диапазона ответственны трещины, развивающиеся по сдвиговому механизму, а среднечастотного – трещины отрыва.

Таким образом, на основании проведенного исследования поведения покрытия TiN на подложке 12X18H10T можно сделать следующие выводы.

1) Величина первого пика огибающей АЭ определяется уровнем остаточных напряжений в покрытии после его осаждения и может служить косвенным показателем склонности данного покрытия к хрупкому разрушению. Формирование второго максимума огибающей АЭ связано с процессами деструкции покрытия, а положение максимума определяется пластическими свойствами покрытия.

2) Путем выделения кластеров на точечных диаграммах в пространстве признаков медианная частота – энергия можно проводить разбраковку импульсов АЭ по природе их происхождения.

3) Наличие высокочастотного кластера связано с процессом трещинообразования по сдвиговому механизму, а среднечастотного по механизму отрыва.

Библиографический список

1. Мерсон Д. Л., Выбойщик М. А., Панюков Д. И., Разуваев А. А. Оценка пластичности покрытия металлом акустической эмиссии: Межвузовский сборник научных трудов. – Тольятти, 1998. – С.242-246.
2. Муравин Г. В., Симкин Я. В., Мерман А. И. Идентификации механизмов разрушения материалов методами спектрального анализа сигналов акустической эмиссии // Дефектоскопия, 1989. – № 4. – С. 8-15.