ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

INTERNATIONAL WORKSHOP

**«Multiscale Biomechanics and Tribology
of Inorganic and Organic Systems»**

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»

DOI: 10.17223/9785946218412/312

**ОСОБЕННОСТИ АКУСТИЧЕКОЙ ЭМИССИИ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ
ДЕФОРМАЦИИ И РАЗРУШЕНИИ ТИТАНА**

¹Дмитриев А.А., ^{1,2}Поляков В.В.

¹*Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия,*

²*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия*

pvv@asu.ru

Деформационное поведение материалов на основе титана с различной структурой в связи с их широким практическим использованием изучалось достаточно подробно. В ряде работ была описана акустическая эмиссия, регистрировавшаяся при пластической деформации и разрушении титана и отражавшая протекавшие в материале процессы перестройки структуры. В то же время результаты акустико-эмиссионных исследований заметно различаются, а физическая интерпретация получаемых данных противоречива [1-3]. В настоящей работе для исследования и интерпретации особенностей акустической эмиссии в титане привлекается разработанный авторами подход, основанный на применении в качестве признаков, характеризующих регистрируемые сигналы, коэффициентов многоуровневых дискретных вейвлет-преобразований [4]. Получаемые признаки далее подвергаются кластеризации с помощью математических методов многомерного анализа данных [5].

В качестве материала для исследований использовались образцы технически чистого титана ВТ1-0 в исходном и отожженном состояниях. Образцы имели стандартную форму для испытаний на статическое растяжение с размерами рабочей части 5x15x50 мм. Структура образцов контролировалась с помощью оптической микроскопии, средний размер зерен составлял 15-20 мкм у исходного материала и 50-70 мкм после отжига. На шлифе образцов отчетливо фиксировались достаточно крупные двойники.

При растяжении на испытательной машине регистрировались приложенная нагрузка и абсолютное удлинение, по которым рассчитывались истинное напряжение σ , истинная (логарифмическая) деформация ϵ , коэффициент деформационного упрочнения K и выделялись стадии деформационного упрочнения. Наряду с механическими характеристиками регистрировались сигналы акустической эмиссии, представленные в виде зависимостей среднеквадратичных значений напряжения U от деформации ϵ .

Для образцов титана в исходном состоянии были выделены три стадии, различавшиеся поведением коэффициента деформационного упрочнения. Было выявлено существенное различие вида сигнала акустической эмиссии для отдельных стадий. Именно, на первой стадии (стадии линейного упрочнения) происходило формирование мощного пика акустической эмиссии. Начальный участок второй стадии, описывавшей пластическое течение, также сопровождался появлением широкого максимума на регистрировавшемся акустико-эмиссионном сигнале. На третьей стадии возникали высокоамплитудные осцилляции, приводившие к формированию максимума акустической эмиссии непосредственно перед разрушением.

Образцы титана, подвергнутые отжигу, характеризовались аналогичной трехстадийной кривой деформационного упрочнения. В то же время вид сигнала акустической эмиссии существенно отличался. Первый максимум представлял из себя сильные осцилляции акустической эмиссии, охватывавшие весь участок линейного упрочнения и смещавшиеся на вторую стадию. При переходе к третьей стадии отчетливо наблюдался широкий второй максимум. На участках предразрушения и разрушения акустическое излучение практически не фиксировалось.

Первый максимум акустической эмиссии в исходном и отожженном образцах может быть связан с движением дислокационных потоков. Более широкий интервал деформаций, охваченный осцилляциями акустико-эмиссионного сигнала в отожженном состоянии, может быть вызван тем, что больший размер зерен сопровождался формированием более мощных

Секция 6. Методы и средства неразрушающего контроля материалов и конструкций с иерархической структурой

дислокационные потоки, выходящих на границы раздела в условиях монотонного развития деформации.

Второй максимум акустической эмиссии для исходных образцов, по-видимому, могли вызывать двойники. В этом случае всплески акустико-эмиссионных сигналов отражали релаксацию упругих напряжений, обусловленных динамикой формирования и развития этих дефектов. Третий максимум для титана в исходном состоянии может быть связан с процессами образования системы микротрещин, скачки которых сопровождалась акустическим излучением и быстро приводили к разрушению образца.

В то же время интерпретация второго максимума для отоженных образцов достаточно затруднительна. В связи с этим рассчитанные признаки акустико-эмиссионных сигналов (коэффициенты соответствующих вейвлет-преобразований), формировавших этот максимум, были сопоставлены с аналогичными признаками для сигналов, формировавших максимумы в исходном титане. Полученные значения признаков отражали энергетические и частотные особенности акустического излучения на участках кривой деформационного упрочнения, приходившихся на исследуемые максимумы акустической эмиссии. Полученные данные были подвергнуты кластеризации с помощью метода главных компонент. Результаты расчетов показали, что кластеры, описывавшие анализируемый максимум в отоженном титане и второй максимум для материала в исходном состоянии, очень близки. Это позволяет связать исследуемый максимум акустической эмиссии с двойниковыми процессами.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №17-08-00914.

1. Стоев П.И., Папилов И.И. Акустическая эмиссия титана в процессе деформации. Вопросы атомной науки и техники. Серия: вакуум, чистые материалы, сверхпроводники. 2007. №4 С. 174 – 191.
2. Камышанченко Н.В., Никулин И.С., Кунгурцев Е.С., Кунгурцев М.С. Экспериментальное определение преимущественных механизмов релаксации напряжений при деформации металлов с гексагональной плотноупакованной решеткой. Письма в ЖТФ. 2013. Т. 39. Вып. 10. С. 44-48.
3. Каюмова Э.З., Астанин В.В., Гирфанова А.А. Зависимость параметров акустической эмиссии титана от температуры механических испытаний. Письма о материалах. 2013. Т.3. Вып. 3. С. 193-197.
4. Дмитриев А.А., Поляков В.В., Лепендин А.А. Исследование пластической деформации алюминиевых сплавов с использованием вейвлет-преобразований сигналов акустической эмиссии. Письма о материалах. 2018. Т. 8. Вып. 1. С. 33-36.
5. Дмитриев А.А., Поляков В.В., Рудер Д.Д. Применение метода главных компонент к исследованию сигналов акустической эмиссии в алюминиевых сплавах. Известия АГУ. 2018. №1. С. 19-23.