

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Россия
Институт теоретической и прикладной механики СО РАН, Россия
Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, Россия
Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, Россия
Федеральное агентство научных организаций
Сибирское отделение РАН, Россия
Томский политехнический университет, Россия
Томский государственный университет, Россия
Институт механики сплошных сред УрО РАН, Россия
Институт машиноведения УрО РАН, Россия
Институт физико-технических проблем Севера СО РАН, Россия
Институт проблем химико-энергетических технологий СО РАН, Россия
Институт химии нефти СО РАН, Россия
Берлинский технический университет, Германия
Штутгартский университет, Германия
Технион – Израильский технологический университет, Израиль
Институт Йозефа Стефана, Словения
ТП «Медицина будущего», Россия
ТП «Легкие и надежные конструкции», Россия
ТП «Национальная информационная спутниковая система», Россия
ТП «Технологии добычи и использования углеводородов», Россия

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

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

09–13 октября 2017 г.,
Томск, Россия



СБОРНИК ТЕЗИСОВ

www.ispms.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения
Российской академии наук

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
Перспективные материалы
с иерархической структурой
для новых технологий
и надежных конструкций
9 - 13 октября 2017 года
Томск, Россия

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Томск – 2016

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

В работе было проведено комплексное исследование структуры, химического состава и свойств целлюлоз, полученных различными методами из различных целлюлозосодержащих источников сырья. По результатам исследований были установлены закономерности влияния технологии производства целлюлозы на совокупность её характеристик. С помощью спектроскопии в спектре видимого света был проанализирован внешний вид и цветность образцов целлюлоз. Фракционный состав целлюлоз изучали с помощью ситового анализатора (A30, Россия). Для анализа структурных параметров и расчёта характеристического отношения (длина/диаметр) частиц целлюлозы использовали метод оптической микроскопии в проходящем и отраженном свете (Axio Imager Z2m Carl Zeiss, Германия). Было показано, что сульфатные целлюлозы характеризовались меньшим характеристическим отношением и более равномерной формой частиц, чем целлюлозы, полученные каталитическим окислением. Определение насыпной плотности (ГОСТ 21119.6-92) позволило провести сравнительную оценку степени дисперсности и удельной площади поверхности частиц целлюлоз, полученных разными методами. Измерение степени водо- и влагопоглощения показало высокую впитываемость влаги в целлюлозу, обладающую неравномерной формой частиц и имеющую высокую удельную площадь поверхности. По данным инфракрасной спектроскопии на ИК-Фурье спектрометре (Perkin Elmer Spectrum 100, Германия) средней области инфракрасного спектра, показаны различия в химическом составе образцов МКЦ различных методов получения. При изучении термической устойчивости МКЦ методом термогравиметрического анализа (дериватограф NETZSCH TG 209 F1 Iris, Германия) была определена температура деструкции исследуемых образцов целлюлозы.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ВЕЙВЛЕТ-РАЗЛОЖЕНИЙ СИГНАЛОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

¹Дмитриев А.А., ^{1,2}Поляков В.В., ¹Салита Д.С.

¹ Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия,

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

pvv@asu.ru

Процессы локальной перестройки структуры, протекающие в материале при нагружении, могут проявляться в виде акустической эмиссии. Регистрируемые акусто-эмиссионные сигналы отражают действие различных физических механизмов, определяющих особенности протекания деформационных процессов [1]. Для исследования этих механизмов на различных стадиях деформационного упрочнения в настоящей работе предложено использовать коэффициенты вейвлет-разложений, описывающих частотные особенности сигналов.

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

Исследованные металлические материалы подвергались статическому растяжению вплоть до разрушения с одновременной регистрацией нагрузки, деформации и среднеквадратичных значений напряжения акустической эмиссии. В процессе нагружения испытуемые материалы проходили несколько стадий деформационного упрочнения. Вид акустико-эмиссионных сигналов при переходе от одной стадии к другой существенно изменялся. Именно, в области значительного пластического течения, проявлявшегося в виде перегиба кривой нагружения, возникал мощный максимум акустического излучения, связанный с движением дислокационных потоков. На следующей стадии с низким значением коэффициента деформационного упрочнения формировалась последовательность относительно небольших максимумов, что отражало торможение дислокаций и появление микротрещин, скачки которых могли быть ответственными за эти максимумы. На заключительной стадии, характеризовавшейся формирование магистральных трещин и быстрым разрушением, указанная последовательность пиков не проявлялась.

Вид акустико-эмиссионных сигналов отражал эволюцию протекавших в материале процессов и позволял определять стадии, проходимые материалом. В то же время выявление по этим сигналам физических механизмов, действующих на той или иной стадии, сопряжено со значительными трудностями в связи с тем, что одновременно могут действовать разные механизмы и, как следствие, различные источники акустического излучения. Кроме того, дополнительную сложность вносят мешающие факторы, связанные с искажениями сигналов при распространении упругих колебаний в образце, а также с высокочастотными резонансными колебаниями пьезодатчика и случайными шумами. В связи с этим к регистрируемым параметрам было применено многоуровневое дискретное вейвлет-разложение, являющееся эффективным способом частотной обработки сигналов, позволяющим выделять их специфические особенности [2]. В качестве информативных характеристик акустической эмиссии были использованы коэффициенты вейвлет-разложений, описывавшие низкочастотную форму сигналов. При расчете вейвлет-разложений кривая нагружения разбивалась на небольшие участки, каждый из которых описывался своей совокупностью коэффициентов.

Для выявления латентных зависимостей между механизмами деформационных процессов и коэффициентами вейвлет-разложений привлекались проекционные методы многомерного анализа данных [2]. Совокупность коэффициентов вейвлет-разложений для отдельного участка рассматривалась как точка многомерного пространства экспериментальных данных. Полученные результаты представлялись в виде проекций на плоскостях главных компонент, при этом группы точек, отвечавшие одним и тем же механизмам деформации, располагались вблизи друг от друга и образовывали кластеры. Частичное перекрывание отдельных кластеров означало, что деформационное поведение на соответствующей стадии определялось вкладами от различных механизмов. Так, на стадии значительной

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

пластической деформации одновременно с движением дислокационных потоков начиналось формирование микротрещин, развитие которых постепенно становилось доминирующим механизмом релаксации упругих напряжений. Таким образом, взаимное расположение кластеров, описывавших коэффициенты вейвлет-разложений акусто-эмиссионных сигналов, позволяло описать эволюцию доминировавших физических механизмов при развитии пластической деформации.

Литература

- 1 Lependin A.A., Polyakov V V Technical Physics. 2014. Vol. 59. № 7 Pp. 1041–1045.
2. Mallat S.A. Wavelet Tour of Signal Processing. Academic Press. 2009. 795 p.
3. Egorov A.V., Kucheryavskiy S.V., Polyakov V V Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems. 2017 Vol. 160. Pp. 8-12.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №17-08-00914).

ВИХРЕТОКОВАЯ ДИАГНОСТИКА МАТЕРИАЛОВ С ПОМОЩЬЮ СИГНАЛОВ СПЕЦИАЛЬНОЙ ФОРМЫ

¹Егоров А.В., ^{1,2}Поляков В.В., ¹Лепендин А.А., ¹Грачева Я.И.

¹ Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия,

² Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия
pvv@asu.ru

Результаты вихретоковой диагностики и контроля металлических материалов зависят от совместного действия большого числа факторов: физических свойств объекта исследований, его геометрических размеров, условий измерений, конструктивных особенностей используемых датчиков [1]. В случае многочастотной диагностики получаемые вихретоковые годографы отражают совместное действие всех этих факторов, разделение которых требует отдельных измерений на различных частотах и, как следствие, приводит к значительным затратам времени. В настоящей работе предложен метод получения экспериментальных годографов, основанный на одновременном определении точек, соответствующих различным частотам, что достигается за счет возбуждении вихретокового датчика сигналом специальной формы.

При проведении исследований использовался автоматизированный измерительно-вычислительный комплекс, обеспечивавший определение параметров датчика на различных заданных частотах [2]. Для одновременного измерения этих параметров на вход измерительной цепи подавался сигнал специальной формы $u(t)$, представлявший из себя суперпозицию M сигналов с фиксированным и специально заданным набором частот ω_m

$$u(t) = u_0 \sum_{m=1}^M \sin(\omega_m t).$$

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

Измерявшийся выходной сигнал имел линейчатый спектр, содержащий диагностическую информацию о параметрах системы «датчик – образец» на различных частотах.

Предложенный подход был апробирован для вариантов проходного и накладного параметрических датчиков. В качестве материалов для испытаний использовались алюминиевый сплав Д16 (удельная электрическая проводимость $\sigma = 22 \pm 1$ МСм/м) и медь ($\sigma = 57 \pm 5$ МСм/м). В первом варианте диагностируемый образец размещался внутри датчика, представлявшего собой длинный соленоид. Результаты измерений сопоставлялись с рассчитанными в широком интервале частот теоретическими годографами системы, при этом расчет проводился для разных значений коэффициента заполнения датчика образцом. Сопоставление показало, что экспериментальные точки полностью укладывались на теоретическую зависимость, соответствовавшую опытному значению коэффициента заполнения.

Во втором варианте применялся накладной датчик с рабочим набором частот от 100 Гц до 10 кГц. С его помощью было изучено влияние на годографы двух факторов – геометрических размеров образцов (именно, их толщины) и условий измерения (именно, величины зазора между датчиком и проводящей поверхностью материала). Испытания проводились для образцов разной толщины при непосредственном контакте датчика с поверхностью и при различных значениях зазора, задававшихся диэлектрическими прокладками. Проведенные измерения обеспечили достаточно надежное разделение указанных факторов, существенно влияющих на вид и расположение кривой годографа.

Полученные результаты показали, что предложенный в работе метод, основанный на использовании при вихревоковой диагностике материалов сигналов специальной формы, дает возможность построить экспериментальные годографы системы «датчик – образец» с существенно меньшими затратами времени. Достигаемая точность измерений позволила надежно разделить различные факторы, влияющих на результат диагностики. Это свидетельствует о перспективности использования предложенного метода в устройствах вихревокового контроля металлических материалов и изделий.

Литература

1. García-Martín J., Gómez-Gil J., and Vázquez-Sánchez E. Non-Destructive Techniques Based on Eddy Current Testing // Sensors (Basel), 2011 Vol. 11(3). Pp. 2525–2565.
2. Egorov A.V., Polyakov V.V., Salita D.S., Kolubaev E.A., Psakhie S.G., Chernyavskii A.G., and Vorobei I.V. Defence Technology 2015. Vol. 2. Pp. 99-103.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №17-08-00914).

Тезисы докладов Международной конференции
«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»
9 – 13 октября 2017 года, Томск, Россия.
ИФПМ СО РАН, 2017 – 607 с.

«Мероприятие проведено при финансовой поддержке Российского фонда
фундаментальных исследований, Проект №17-08-20349\17»

©Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, 2016